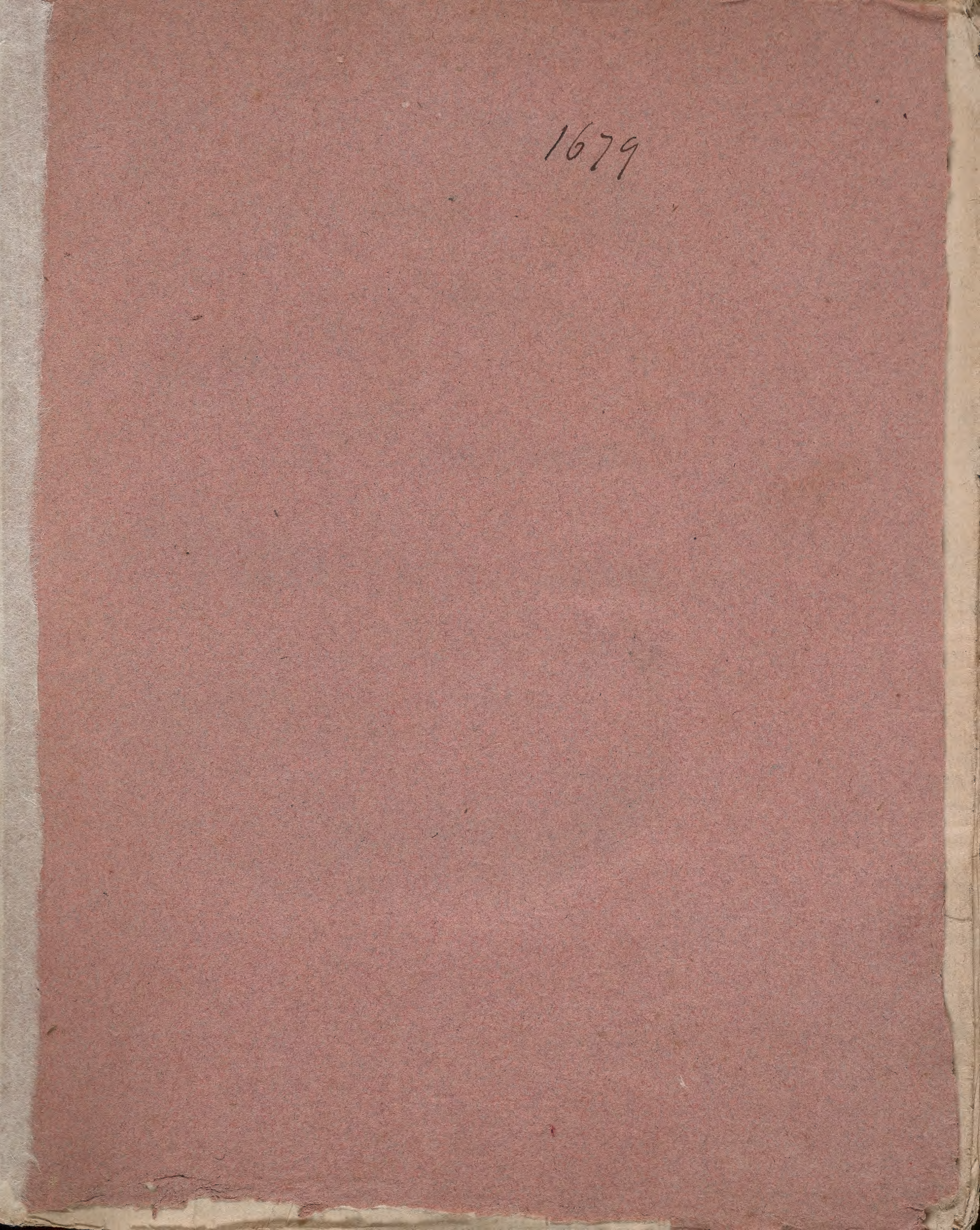


a Monsieur De Smittyson

hommage de l'auteur

MÉMOIRE

SUR

LES SUBSTANCES MINÉRALES DITES *EN MASSE*,

QUI ENTRENT DANS LA COMPOSITION

DES ROCHES VOLCANIQUES.

AVERTISSEMENT DE L'AUTEUR.

DANS la séance du 20 novembre 1815, l'Académie des Sciences, sur le Rapport de MM. Haüy, Ramond et Lelièvre, a jugé le travail que je publie digne d'être inséré dans les *Mémoires des Savans étrangers*. Le suffrage de l'Académie m'imposoit l'obligation d'améliorer ce travail avant de le livrer à l'impression; c'est ce que j'ai tâché de faire, en développant davantage le texte du Mémoire, en intercalant quelques additions importantes, et en ajoutant plusieurs notes indispensables. J'ai en outre perfectionné la distribution méthodique et la nomenclature que je propose pour les substances minérales dont j'ai traité.

MÉMOIRE

Minérales

SUR LES SUBSTANCES ~~VOLCANIQUES~~

DITES *EN MASSE*,

Qui entrent dans la composition des Roches Volcaniques de tous les âges;

PAR P. LOUIS CORDIER.

Lu à l'Académie Royale des Sciences, dans les Séances des 16 et 30 octobre et 6 novembre 1815.

CHAPITRE PREMIER.

Objet du Mémoire.

L'ÉTAT de nos connoissances sur les roches volcaniques laisse beaucoup à desirer, quoiqu'il y ait près d'un demi-siècle qu'on s'occupe de leur étude. On sait que l'origine d'une grande partie de ces roches est encore contestée ou niée par un certain nombre de minéralogistes habiles; il est à remarquer que ce sont précisément celles dont on a jusqu'à présent étudié avec plus de soin le gisement et les caractères extérieurs; au contraire, les roches volcaniques d'origine incontestable ont été en général décrites avec bien moins de précision, non-seulement sous le point de vue des caractères extérieurs, mais encore sous le rapport du gisement et sous celui des singulières altérations qu'elles éprouvent à la longue. Nous n'avons guère que des reconnoissances plus ou moins bien faites, et des résumés généraux d'observation plus ou moins heureux, relativement à la constitution des terrains formés par les volcans brûlans ou éteints; tandis qu'il existe des monographies à peu près complètes d'un

assez grand nombre de localités classiques, occupées par des roches volcaniques contestées.

Plusieurs circonstances particulières ont contribué à donner à la science cette direction, tout-à-fait inverse de celle qu'il eût fallu prendre du moment qu'une controverse a pu s'établir. Parmi les plus remarquables, il faut citer l'exactitude du langage géologique adopté depuis long-temps dans les contrées du nord de l'Europe où il existe de nombreux lambeaux de terrains volcaniques qui ne conservent presqu'aucunes traces accessoires de leur origine; la multiplicité des observations dont ces lambeaux ont été l'objet; la facilité de leur étude, à raison de ce que l'antique morcellement du sol dont ils font partie, en a mis la structure à découvert; l'éloignement où sont les volcans brûlans ou éteints des bonnes écoles de minéralogie et de géologie; l'impossibilité d'étudier l'intérieur des courans de lave modernes et des couches accompagnantes, lorsque les travaux des hommes, les eaux courantes ou les tremblemens de terre n'en ont pas entamé ou sillonné quelques portions; l'influence des hypothèses inventées pour rapporter la formation des terrains primitifs et des terrains subséquens, à une origine dite aqueuse; l'attrait des explications anticipées, dont il est si difficile de se défendre dans les sujets géologiques; enfin l'empire des préjugés vulgaires, conçus à l'égard des phénomènes volcaniques, antérieurement à toute bonne observation; préjugés facilement admis par tous les savans dans le premier âge de la science, partagés successivement par la plupart des minéralogistes du nord, accrédités en particulier par Wallerius et Bergmann, dominant encore actuellement une infinité de gens instruits, et qui consistent à croire que les feux souterrains ressemblent, aux dimensions près, aux feux de nos fourneaux ou à ceux des exploitations de houille incendiées, et que leurs produits ne sauroient être et ne sont rien autre chose que des mélanges indéfinis de fer, de soufre, de bitumes et de roches diverses, réduits en verres, en frittes, en scories ou en cendres.

Il faut convenir que l'aspect des scories qui hérissent la surface de toute assise de lave récente, n'est guère propre à donner l'idée de la contexture si parfaitement pierreuse, si parfaitement porphyrique, que la matière incandescente prend presque toujours à l'intérieur des courans, en se coagulant. Ce beau et inexplicable phénomène, mis originairement en évidence par Dolomieu, consacré si heureusement par M. Haüy à l'aide de

la dénomination de *lave lithoïde*, et complètement démontré de nos jours par le témoignage unanime des observateurs, ne sauroit être facilement admis par les minéralogistes qui n'ont jamais eu sous les yeux que des collections anciennes et mal faites, de roches volcaniques incontestables, ou qui ne veulent croire qu'aux produits volcaniques tout-à-fait modernes qu'ils se procurent, dans l'espoir d'en faire des termes authentiques de comparaison. Il est suffisamment reconnu maintenant, que les collections qu'on recueille et qu'on expédie au loin, après toute éruption récente, ne se composent et ne peuvent se composer que de scories superficielles ramassées autour des cratères ou sur les courans; définir les laves modernes d'après de semblables collections, c'est juger d'une liqueur par son écume, ou d'un métal par son oxide. J'insiste sur cet obstacle, parce qu'il a contribué plus que tout autre à mettre en défaut de très-bons esprits, et que son influence ne sera probablement vaincue qu'à la longue.

Beaucoup d'observateurs se sont occupés dans ces derniers temps de remplir les lacunes de la science, soit en lui fournissant des matériaux neufs, soit en perfectionnant ceux déjà recueillis et mis en œuvre. On connoît particulièrement les immenses observations de M. de Humboldt, celles de MM. Fleuriau de Bellevue, Breislack, Delaizert, Daubuisson et de Buch, les descriptions plus récentes de M. Menard de la Groye, et le beau et utile travail des nivellemens barométriques de M. Ramond. La majeure partie de ces travaux concourent à étendre prodigieusement le domaine volcanique; ils diffèrent en même temps sur quelques points essentiels. Au total, les résultats n'en ont encore été dépouillés, comparés et fondus avec les observations plus anciennes, dans aucun Traité susceptible de devenir classique; ensorte que dans l'état actuel de nos connoissances, on peut dire que parmi les solutions variées du problème qui a rapport aux matières volcaniques de tous les âges, aucune n'a généralement reçu la sanction de tout ce qui fait autorité dans la science; ce qui signifie en d'autres termes, qu'on n'a point encore pris en considération tous les élémens du problème, ou bien, qu'on ne les a point assez exactement définis.

La difficulté de parvenir à une solution marquée au degré d'évidence que le sujet peut comporter, et propre à satisfaire tous les bons esprits, a été jusqu'ici singulièrement augmentée et compliquée par l'incertitude où l'on est encore sur la nature

des substances minérales non cristallisées, qui, sous forme de différentes pâtes, jouent le principal rôle dans la composition des roches volcaniques de tous les âges.

Ces substances non cristallisées, considérées sous le simple point de vue minéralogique, indépendamment de leur origine, de leur gisement et des fonctions essentielles qu'elles remplissent dans les roches dont elles font partie, sont bien loin d'avoir été rigoureusement définies et spécifiées. Les différens modes de structure vitreuse, scorifiée, compacte, terreuse, friable ou pulvérulente, sous lesquels elles se présentent, ne laissant aucune prise aux caractères certains dont la Minéralogie dispose pour déterminer l'espèce des minéraux cristallisés ou cristallisables, leur étude a été restreinte à l'examen des caractères extérieurs ou empiriques, et les résultats ont été nécessairement interprétés d'une manière arbitraire. De là, les doubles emplois fréquens, les oppositions frappantes et les omissions graves qu'on trouve en comparant la plupart des méthodes, dans lesquelles on a entendu classer, dénommer et décrire ces substances.

L'analyse chimique fréquemment consultée à leur égard, a fourni des indications utiles, mais dont la valeur ne pouvoit être absolue, comme lorsqu'on opère sur des minéraux cristallisés ou bien sur des minéraux agrégés en masse, dont la composition chimique est simple. On n'a dû tirer presqu'aucune conclusion directe de la composition des substances dont il s'agit, car elles renferment des principes constituans nombreux, dont les proportions sont variables.

Frappé des imperfections radicales que je viens de signaler dans la Minéralogie des volcans, j'ai entrepris de chercher les moyens de suppléer à l'insuffisance des notions fournies par l'analyse, au peu de précision des caractères extérieurs et au vague des aperçus indiqués par les caractères empiriques. Mes premières tentatives datent de plusieurs années; j'avoue que je n'ai pas été d'abord maître du sujet; la nature et la multiplicité de mes recherches ont ensuite exigé beaucoup de temps; c'est à la longue seulement que j'ai vu se réaliser l'espérance que j'avois conçue d'arriver, non-seulement à une classification vraiment rationnelle, et à une nomenclature plus sûrement motivée, mais encore à des définitions rigoureuses de la nature des différentes substances dont il s'agit, et à des applications géologiques importantes.

Le plan de mon travail embrasse la totalité des substances

soit vitreuses, soit scorifiées, soit lithoïdes compactes, terreuses, friables ou pulvérulentes qui servent de pâte ou de base (*haupt masse*) aux roches volcaniques de tous les âges : devant en parler souvent d'une manière collective, je les désignerai indifféremment sous les dénominations génériques de *bases indéterminées*, *pâtes indéterminées;* à moins que je n'avertisse du contraire, je les considérerai constamment dans ce qu'elles sont en elles-mêmes, abstraction faite des cristaux ou grains cristallins amorphes qu'elles renferment ordinairement, indépendamment de leur fréquente porosité, et sans avoir égard aux fragmens divers que quelques-unes enveloppent presque toujours.

Pour qu'on puisse se faire une idée des secours que j'ai trouvés dans l'état de la science, je vais rappeler en peu de mots comment on a envisagé les différentes bases volcaniques indéterminées dans les ouvrages les plus modernes.

Elles n'ont point obtenu de place dans la série des espèces minéralogiques adoptées par M. Haüy, excepté une seule qu'on trouve réunie au feld-spath, sous la définition de feld-spath compact sonore. Les autres, distinguées d'après le système de Dolomieu, ont été regardées comme des mélanges indiscernables et variés, qu'il n'étoit pas possible de spécifier, et rejetées dans une distribution purement géologique; elles s'y présentent sous les dénominations génériques de lave basaltique uniforme, lave vitreuse uniforme, scorie uniforme, thermantide tripoléenne, thermantide pulvérulente et tuf volcanique uniforme, en tout sept substances différentes; il est à remarquer que cette division est censée comprendre les pâtes indéterminées de presque toutes les roches des formations trappéennes de M. Werner et de son école. M. Haüy indique d'ailleurs que les laves basaltiques ont beaucoup de rapport avec les cornéennes des terrains primitifs. On sait que Dolomieu pensoit que les cornéennes et les trapps, nommés autrement par lui *pierres argilo-ferrugineuses*, étoient composés d'élémens divers parmi lesquels l'amphibole en masse dominoit, en imprimant aux mélanges quelques-uns de ses caractères les plus saillans, et que ces cornéennes et ces trapps, remaniés par les agens souterrains, servoient d'aliment aux éruptions basaltiques; en vertu de considérations analogues, il pensoit aussi que les laves pétro-siliceuses, les laves vitreuses et les pierres ponces provenoient de la fusion des roches primordiales abondantes de feld-spath; il n'a, du reste, assigné que des caractères extérieurs ou empiriques pour base de sa méthode, et M. Haüy n'a pas été plus loin.

M. Werner, parti originairement de la supposition que les phénomènes volcaniques sont dus à la combustion de certaines couches de houille, et que le foyer en est placé à très-peu de profondeur, supposition qu'il professe encore, a réduit les terrains formés par les volcans, aux produits des éruptions historiques. Les roches des éruptions fournies par les volcans brûlans antérieurement aux temps historiques, celles des volcans éteints incontestables, celles des terrains plus anciens dont les immenses lambeaux conservent presque partout des traces de volcanicité, ont été rangées en très-grande partie par le célèbre professeur de Freyberg, dans les terrains secondaires, sous le titre de formation trappéenne stratiforme; il a classé les autres, soit parmi les roches dites *intermédiaires*, soit parmi les roches primitives.

Les bases indéterminées de ces trois formations qui appartiennent, ou qu'on peut avec fondement soupçonner d'appartenir aux terrains volcaniques, sont au nombre de dix, savoir : 1° l'obsidienne, le perlstein, le pechstein (en partie) et la ponce, que M. Werner a distingués comme espèces minéralogiques et qu'il a placés entre les quartz et les zéolites; 2° le basalte, le klingstein, la wacke (en partie), le thonstein (en partie), qu'il classe aussi comme espèces entre les argiles et l'amphibole; 3° enfin la base du graustein, celle du tuf basaltique et celle des amygdaloïdes qu'il a rejetées dans la distribution géologique comme masses présumées de mélange. Les bases indéterminées des roches volcaniques que M. Werner regarde comme avérées, sont au nombre de trois seulement, savoir : d'une part, la lave homogène élevée au rang d'espèce minéralogique, et de l'autre, la pâte des scories et celle des tufs volcaniques, considérées seulement comme des mélanges qui appartiennent à la distribution géologique; au total, quatorze substances différentes.

Il entre essentiellement dans mon sujet, de faire remarquer ici que le système des formations trappéennes de M. Werner, repose en partie sur une hypothèse que je crois avoir bien affoiblie par trois faits positifs, publiés depuis long-temps. M. Werner partageant l'opinion commune des minéralogistes, à l'égard des trapps et des cornéennes avérés, qu'on trouve dans les terrains intermédiaires et primitifs, savoir, que ces pierres ont pour élémens indiscernables de l'amphibole en masse, mélangé de feld-spath et, selon beaucoup, d'argile ferrugineuse, M. Werner, dis-je, a posé en principe qu'il en étoit de même des roches volcaniques dont il méconnoît l'origine. Il s'est appuyé, ainsi que les miné-

ralogistes de son école (1), sur certaines analogies entre les caractères extérieurs ou empiriques, et notamment, 1° sur l'abondance des cristaux ou grains d'amphibole empâtés dans les basaltes et les wackes; 2° sur la transition du grünstein (ou diorite) au basalte, transition reconnue à la montagne du Meisner, par un grand nombre d'observateurs; 3° enfin sur la présenced'une grande quantité de fer magnétique dans toutes les roches de ses formations trappéennes.

La première de ces analogies est fondée sur une méprise qu'il m'a suffi d'annoncer il y a quelques années, pour la faire reconnoître par la plupart des minéralogistes. On s'est facilement convaincu que les cristaux ou grains disséminés dans les basaltes et les wackes de tous les âges, et regardés jusqu'alors comme de l'amphibole, étoient au contraire du pyroxène, et que l'amphibole ne se rencontroit presque jamais que dans les laves feld-spathiques de tous les âges, où son rôle est très-restreint.

La seconde analogie n'est pas plus exacte que la première, depuis que j'ai trouvé que la roche granitiforme du Meisner n'étoit point un grünstein (ou diorite), mais un granitelle d'une composition toute particulière, et formé de feld-spath, de pyroxène et de fer titané. M. Haüy en fait maintenant une roche volcanique distincte, sous le nom de ~~minose.~~ Dolérite

Enfin j'ai démontré que toutes les roches volcaniques soit incontestables, soit contestées, renferment une quantité plus ou moins considérable de fer titané disséminé (2), et je rapporterai dans le cours de ce Mémoire, quelques expériences qui confirment ce qu'on a reconnu depuis long-temps à l'égard des roches trappéennes proprement dites et avérées, savoir, qu'elles ne contiennent que du fer sulfuré et du fer oxidulé.

Karsten a beaucoup modifié les classifications de M. Werner. Il adopte les mêmes espèces minéralogiques, à l'exception de l'espèce lave qu'il reporte dans la distribution purement géologique. Il admet l'existence d'un beaucoup plus grand nombre de roches

---

(1) M. Daubuisson en développant très-habilement cette opinion dans son Mémoire sur les basaltes de la Saxe, a essayé de la fortifier par des considérations ingénieuses, fondées sur les résultats de l'analyse chimique.

(2) *Voyez* mes descriptions et analyses des sables ferrugineux volcaniques, *Journal des Mines*, n° 124, et mes expériences sur la manière d'être du fer titané dans les roches volcaniques, *Journal des Mines*, n° 133.

volcaniques, et il considère les bases comme des mélanges de fusion, provenant des roches trappéennes remaniées par les agens souterrains. Il distingue ces bases en pâte basaltique, pâte de hornstein, scorie, verre volcanique, domite, cendre volcanique et pâte des tufs volcaniques; au total, quinze substances différentes.

Les distinctions admises par M. Faujas de Saint-Fond, rentrent dans celles établies par Dolomieu et M. Haüy. Il considère les bases volcaniques indéterminées, comme mélangées d'élémens empruntés aux différentes roches primitives qui ont servi d'aliment à la fusion; il ne les a classées que sous le point de vue géologique.

M. Delamétherie n'a extrait des substances indéterminées que trois espèces minéralogiques qui sont, le pétro-silex, la wacke et la théphrine. Il a formé du reste vingt genres purement géologiques, qu'il définit comme des produits dus à la fusion, non-seulement de différentes roches primitives, mais encore à celle des schistes argilo-pyriteux. Il estime que l'observation fera découvrir un plus grand nombre de ces bases.

M. Brongniart a formé des substances qui nous occupent, sept espèces minéralogiques, savoir : la ponce, l'obsidienne, le rétinite (en partie), le pétrosilex (en partie), masses qu'il regarde comme homogènes; le basalte, qu'il croit à base d'amphibole mêlé de feld-spath; l'argilolite (en partie) et la wacke (en partie), qu'il considère comme des mélanges indéterminés. Il classe le reste en quatre espèces géologiques non-définies, qui sont, la domite, la lave basaltique uniforme, la lave théphrinique uniforme; la lave scoriacée uniforme, ce qui donne onze substances différentes.

La plupart des observateurs, et en particulier M. Ramond, semblent avoir craint d'augmenter la confusion de la science, et se sont contentés d'employer dans la pratique, les distinctions établies par M. Haüy ou par M. Werner, sans en discuter les principes; M. de Humboldt y a seulement ajouté le tuf boueux moderne, dit moya.

On voit par le tableau que je viens de tracer, que parmi les différentes bases volcaniques indéterminées, une seule paroît devoir appartenir à la variété compacte d'une véritable espèce minéralogique, connue depuis long-temps sous forme cristallisée, c'est-à-dire le feld-spath; que plusieurs autres, quoique préjugées homogènes, ne peuvent être rapportées comme variétés com-

pactes,

pactes, à aucune des espèces cristallisées déjà connues; enfin; que la plupart passent pour être des mélanges à parties ndiscernables, qu'on n'a point définies, ou dont presque tous les auteurs ont préjugé la nature d'une manière plus ou moins arbitraire.

D'après cet exposé, il pourra paroître étonnant qu'on n'ait pas tenté plutôt quelques recherches du genre de celles dont je vais rendre compte; mais il faut savoir que la science n'est guère plus avancée à l'égard de la plupart des substances compactes ou terreuses non volcaniques, qui jouent un si grand rôle dans les terrains primitifs, secondaires ou de troisième formation; on peut dire qu'elles réclament l'intervention de l'expérience presqu'aussi impérieusement que celles qui sont du ressort de la minéralogie des volcans.

Tels sont, au reste, mes points de départ; les ayant bien reconnus, je rends la route que j'ai suivie, plus facile à parcourir; on concevra aisément comment j'ai été conduit à subordonner tout mon travail à la solution d'une seule question dont voici les termes : *Les pâtes volcaniques indéterminées sont-elles mécaniquement composées, et en cas de composition mécanique appréciable, quels sont les élémens minéralogiques composans?* Ne pouvant espérer de résoudre cette question bien simple en apparence, mais tout-à-fait générale et fondamentale, en employant les moyens ordinaires d'étude et d'expérience que fournit la Minéralogie, j'ai dû en imaginer d'autres; je vais exposer ces nouveaux moyens, je détaillerai ensuite les applications et les résultats.

CHAPITRE SECOND.

Nature des Recherches faites sur les Pâtes ou Bases indéterminées qui entrent dans la composition des Roches volcaniques. — Expériences préliminaires. — Choix des Echantillons.

Mes premières tentatives pour obliger les différentes substances dont il s'agit, à manifester leur texture intime, ont eu peu de succès; je n'en ai tiré d'autre fruit que des indices encourageans et la découverte du fer titané. Après avoir inutilement mis en œuvre différens modes de calcination et différens agens chimiques, j'ai soumis ces substances au microscope, et

j'en ai essayé les particules au feu du chalumeau par la méthode de Saussure ; dès-lors des résultats satisfaisans se sont présentés d'eux-mêmes.

Il n'est pas facile d'observer au microscope la contexture des minéraux agrégés en masse. Nous aurions sans doute quelques bonnes observations de ce genre, si les difficultés n'avoient arrêté au début les minéralogistes qui ont pu faire des tentatives. Le chevalier Gioenni et plusieurs autres savans à Naples, ont, à des époques diverses, soumis les cendres du Vésuve au microscope, mais sans aucun fruit pour la science. Saussure l'a employé non-seulement à déterminer très-ingénieusement des angles de cristaux, mais encore à apprécier des résultats de fusion sur le filet de saparre. Je ne sache pas qu'il ait été fait d'autres applications de l'instrument à la Minéralogie. Quoi qu'il en soit, voici les conditions qui m'ont le mieux réussi et à l'aide desquelles j'ai opéré.

J'ai, autant que possible, sacrifié le grossissement des objets à leur netteté ; il s'est heureusement rencontré que j'ai pu remplir presque toujours le but de mes recherches, en faisant usage d'appareils grandissant seulement 13 fois ou 20 fois les diamètres. Il en est résulté que j'ai pu employer des lentilles peu fortes, et jouir ainsi d'un très-grand champ et de toute l'intensité de la lumière directe. J'ai reconnu que cette lumière directe devoit être la plus forte possible, et qu'il falloit au contraire que l'éclairage obtenu artificiellement, à l'aide des miroirs inférieurs, fût communément très-foible. En conséquence j'ai peu employé le miroir convexe; je me suis ordinairement servi du miroir plan en lui donnant les inclinaisons propres à modérer l'intensité de la réflexion ; souvent je l'ai remplacé par un disque de papier blanc, ou par un disque de cuivre jaune dont la surface étoit simplement doucie.

Les substances que j'avois à essayer étoient, les unes solides, les autres tendres, friables ou pulvérulentes; pour observer les premiers, il m'a suffi d'en détacher de très-minces éclats et de les exposer sur le disque de verre servant de porte-objet, soit entiers, soit légèrement concassés, soit réduits par la simple pression en poudre plus ou moins fine. A l'égard des secondes, je n'ai souvent pu obtenir de résultats exacts, qu'en les délayant dans l'eau et en classant les particules suivant les grosseurs, à l'aide de lotions, de décantations et de dessications. Ce procédé qui m'a été suggéré par les opérations du lavage en grand, pratiqué

dans les mines à l'égard des minérais pauvres, et qui est fort long ; peut aussi être utilement appliqué aux matières volcaniques solides, après qu'on les a pulvérisées convenablement. De quelque manière, au reste, que l'on prépare les objets, il est indispensable de les étudier sous leurs différens aspects ; on remplit ce but en faisant fréquemment tourner sur son centre le disque de verre servant de porte-objet. Je n'entrerai pas dans de plus grands détails, parce que je crois que les indications que je viens de donner suffiront aux minéralogistes qui connoissent l'usage du microscope ; quant à ceux qui ne se sont jamais servi de cet instrument délicat, je ne puis que les renvoyer à son étude.

J'ai tiré les plus grands secours, et je ne saurois trop faire l'éloge de la méthode de Saussure, pour déterminer les conditions de la fusion des minéraux à l'aide du chalumeau. Cette méthode, inventée il y a trente ans (1), est restée sans usage et presque dans l'oubli, sans doute parce qu'on s'en est exagéré la difficulté ; elle m'a paru d'un emploi beaucoup plus facile qu'on pourroit le croire au premier aperçu : on est bien dédommagé d'ailleurs des soins qu'elle exige, par l'exactitude des résultats ; la méthode consiste principalement à fixer à l'extrémité d'un très-mince filet de disthène (ou saparre), et à l'aide d'eau légèrement gommée, de très-petits fragmens du minéral à essayer, à les chauffer brusquement pour les souder au support, et à les fondre sans addition d'aucune substance étrangère. On se sert du chalumeau ordinaire et de la flamme d'une forte bougie. Le vent est donné par un soufflet à jeu continu, ou bien tout uniment par le souffle de l'observateur. Les phénomènes de la fusion sont examinés au microscope. Le diamètre des plus gros globules qu'on puisse obtenir en fondant, soit un seul fragment, soit plusieurs fragmens du même minéral réunis, sert, à l'aide de considérations assez délicates, à déterminer approximativement le rapport de fusibilité exprimé en degrés du pyromètre de Wedgwood. La règle est d'employer la simple raison inverse des diamètres, préalablement augmentés d'un tiers.

---

(1) On trouve sa description dans un beau Mémoire de Saussure inséré au *Journal de Physique*, tome XLV, année 1794. Ce Mémoire, fruit d'un très-long travail, ne contient cependant que l'essai de 134 variétés de substances minérales ; Saussure le termine ainsi : « Ceux qui auront la curiosité de répéter » ces épreuves, verront qu'elles exigent tant de patience et qu'elles fatiguent » si fort les yeux, que si l'on doit s'étonner de quelque chose, c'est plutôt de » ce que j'ai fait, que de ce qui reste à faire. »

Cette méthode, qui dispose de la chaleur la plus violente que l'art puisse produire, ne s'applique pas seulement à l'examen des minéraux chauffés isolément, elle m'a servi à constater leur action réciproque quand on les traite simultanément. Voici comme il faut alors procéder : on prépare d'abord chaque substance séparément; à cet effet on pulvérise; on place la poudre à l'extrémité d'une plaque de verre; puis on frappe l'autre extrémité de la plaque de verre en l'inclinant. Les parties les plus grossières tombent, mais le reste de la poudre s'étend et se classe d'après les volumes. On choisit approximativement, à l'aide du micromètre, le degré de ténuité jugé convenable, et on recueille avec un pinceau la poudre ainsi lotie. Pour faire les essais, il faut employer des poudres dont les particules ont des volumes à peu près égaux. On détermine préliminairement la fusibilité absolue de chaque espèce de poudre; ensuite on fait le mélange proposé; on prend successivement de petites quantités de ce mélange sur le filet de disthène et on détermine les effets des différens coups de feu.

Ces données posées, je ferai remarquer qu'il ne se présentoit que deux suppositions à former relativement à la composition mécanique des pâtes volcaniques indéterminées.

Elles pouvoient se trouver douées d'un tissu égal et continu, formé par l'agrégation la plus intime, de particules indiscernables au plus fort appareil microscopique, et conserver par conséquent en petit, l'aspect uniforme des masses vues à l'œil nu.

Ou bien elles pouvoient offrir un tissu formé de particules distinctes soit de la même nature, soit de nature différente.

Or les deux cas se sont effectivement présentés.

Dans le premier, mes expériences ont aisément fourni une réponse directe et absolue.

Dans le second, il paroîtra sans doute que la difficulté de déterminer la nature des particules composantes, a dû être très-grande. Voici comment je crois être parvenu à vaincre la difficulté.

J'ai considéré qu'il n'étoit guère probable que ces particules discernables appartinssent à des minéraux inconnus; que toutes les analogies portoient à présumer qu'elles devoient appartenir aux espèces minérales cristallisées qu'on trouve abondamment dans les roches volcaniques, plutôt qu'aux espèces minérales qu'on n'y rencontre jamais; que par conséquent toute recherche devoit

commencer en employant les minéraux volcaniques cristallisés, comme premiers termes de comparaison. D'après ces considérations, j'ai fait sur ces minéraux les expériences préliminaires suivantes.

On sait que les minéraux cristallisés des roches volcaniques se présentent en grains fort distincts, tantôt amorphes, tantôt terminés par des contours réguliers; ce sont communément le pyroxène, le feld-spath, le péridot et le fer titané, rarement l'amphibole, le mica et l'amphigène, plus rarement encore le fer oxidé oligiste.

On trouve en outre accidentellement un certain nombre d'autres minéraux, mais si excessivement rares, ou si évidemment étrangers à la composition des roches volcaniques, que tous les minéralogistes en font abstraction quand il s'agit de points de vue généraux; ce que je ferai aussi dans ce moment.

Les huit espèces que je viens d'indiquer ont été réduites en poudre, à l'aide de la simple pression, et de manière à ce que la ténuité des parties étoit à peu près comprise entre un vingtième et un centième de millimètre. Sous cette forme, on les a soumises au microscope et à quelques épreuves pour apprécier leur dureté; elles se sont présentées, comme on doit s'y attendre, douées de tous les caractères extérieurs des masses dont elles provenoient, excepté de celui de la pesanteur, qui tenant au volume, devient inappréciable. Je puis même ajouter qu'au premier aperçu, on est étonné de la netteté de ces caractères. Voici les principaux pour chaque substance.

Le pyroxène: fragmens indéterminés, sans aucune apparence de lames, de couleur claire, vert bouteille ou jaunâtre, demi-transparens, à cassure inégale, d'un aspect vitreux et peu éclatant, assez durs, aigres, croquant sous le pilon; poussière aride au toucher.

Le feld-spath: fragmens aplatis, offrant des indices de lames et de coupes rectangulaires, blancs et demi-transparens ou même limpides, à cassure unie, d'un aspect vitreux, éclatant, assez durs, très-aigres et croquant sous le pilon; poussière aride au toucher.

Le péridot: fragmens écailleux, sans indices de lames, de couleur jaunâtre extrêmement foible, qui devient ou plus sensible, ou très-foncée, ou noire par un léger coup de feu, demi-transparens ou transparens, à cassure conchoïde, d'un aspect

vitreux, très-éclatans, très-durs et très-aigres, et croquant fortement sous le pilon; la poussière est très-aride au toucher.

Le fer titané : fragmens indéterminés, à bords tranchans, de couleur noire, parfaitement opaque, à cassure conchoïde, très-éclatans, d'un éclat demi-métallique, durs et croquant sous le pilon, plus ou moins foiblement attirables; la poussière est aride, elle tache en noir lorsqu'elle est très-fine.

L'amphibole : fragmens esquilleux, prismatiques ou lamelleux, de couleur brun-noirâtre ou vert noirâtre, translucides et quelquefois demi-transparens, assez unis, très-peu éclatans, excepté dans le sens des lames, peu durs, faciles à pulvériser, croquant foiblement sous le pilon; poussière médiocrement aride au toucher.

Le mica : lames très-minces, brunes, translucides, d'un aspect nacré dans le sens de la réflexion, et mat dans les autres sens, élastiques, tendres, tenaces et difficiles à pulvériser; leur poussière est douce au toucher.

L'amphigène : fragmens écailleux, blancs, demi-transparens ou transparens, ou limpides, à cassure conchoïde, d'un aspect vitreux, très-éclatans, durs, aigres et croquant fortement sous le pilon; leur poussière est très-aride.

Le fer oligiste : fragmens indéterminés, à bords tranchans, de couleur noir et opaque, excepté dans les très-minces fragmens qui sont translucides et d'un rouge brun, à cassure conchoïde, très-éclatante, d'un éclat demi-métallique, durs et croquant sous le pilon, fortement attirables; la poussière est aride et tache en rouge sombre lorsqu'elle est très-fine.

Après avoir ainsi reconnu la constance des caractères extérieurs de ces différentes substances réduites en poudre par la simple pression, j'ai cherché les conditions de leur fusibilité, par la méthode de Saussure, soit en les employant en fragmens isolés, soit en les mêlant pour qu'ils se servissent de fondans réciproques. A cet effet j'ai exécuté un grand nombre d'essais sur le filet de disthène ou saparre. Voici l'extrait de la Table qui contient les résultats de ces essais.

Les limites de fusibilité exprimées en degrés du pyromètre de Wedgewood sont :

Pour l'amphibole (fondant en émail noir, brun ou vert noirâtre)	57	à	71[d] (1)
Pour le feld-spath (fondant en verre blanc ou blanc jaunâtre)	71	à	94
Pour le pyroxène (fondant en verre d'un vert bouteille ou vert jaunâtre)	101	à	141
Pour le fer titané (fondant en émail noir et terne)	143	à	161
Pour le fer oligiste (fondant en émail noir et terne)	189	à	204
Pour le mica (fondant en verre brun noirâtre)	183	à	236
Pour l'amphigène (fondant en verre blanc rétrograde)	283	à	378
Pour le péridot (fondant en verre rétrograde d'un jaune verdâtre, vert noirâtre ou noir)	472	à	756

Exposées en mélange sur le filet de disthène, les mêmes substances se comportent de la manière suivante :

L'amphibole fond à côté du feld-spath, sans se mêler sensiblement.

Le pyroxène devient très-fluide par le contact du feld-spath ; les verres se pénètrent à la longue.

Le feld spath ne diminue pas l'infusibilité du mica, du fer titané, du fer oligiste et du péridot; ces substances persistent sous forme de points noirs; elles se comportent de même dans un verre mêlé de feld-spath et d'amphibole, de feld-spath et de pyroxène.

L'amphigène n'est point attaqué par le feld-spath; il l'est foiblement par l'amphibole. Il se dissout à la longue dans le pyroxène.

Dans la pratique, j'ai ajouté à la précision des termes généraux de comparaison que je viens d'établir, par plusieurs précautions que les minéralogistes imagineront facilement ; par exemple, j'ai écarté, autant que possible, l'influence des petites variations que les localités exercent ordinairement sur une même espèce, en prenant pour types comparatifs dans l'examen de chaque base indéterminée, les cristaux ou grains disséminés soit dans cette même base, soit dans les produits de la même éruption, soit dans les roches analogues du même système volcanique.

(1) L'argent de coupelle fond à 28 degrés et la fonte de fer à 130.

augite
Hornblende
Feldspat
Titanic
mica
Leucite
Titanite

Tel est le fond des moyens que j'ai employés; ils se développeront d'eux-mêmes et acquerront plus de consistance par l'exposé des applications. Différentes ressources auxiliaires très-puissantes, m'ont servi à fortifier les résultats directs; je mentionnerai chacune en son lieu.

Je diviserai les nombreuses substances que je vais examiner, en six sections provisoires, savoir :

1re. Les pâtes lithoïdes des courans de lave, de toutes couleurs, massives ou poreuses.
2me. Les scories de toutes couleurs.
3me. Les verres de toutes couleurs, opaques ou translucides.
4me. Les thermantides pulvérulentes de toutes couleurs.
5me. Les tufs de toutes couleurs.
6me. Les wackes de toutes couleurs, massives ou poreuses.

Ayant en outre examiné accessoirement les trapps, les cornéennes et les pétrosilex, j'en traiterai immédiatement après les pâtes lithoïdes.

Je n'ai employé que des échantillons dont la localité m'étoit bien connue, les uns provenant des premières collections de Paris, les autres ayant été recueillis par Dolomieu ou en grande partie par moi-même. J'indiquerai avec soin la localité des échantillons examinés, leur synonimie et la sorte de terrain volcanique à laquelle ils ont appartenu. Pour qu'on ne me soupçonne pas de méprise sous ce dernier point de vue, je distinguerai quatre grandes classes de terrains volcaniques, savoir :

1° Les terrains incontestablement formés par les volcans brûlans;

2° Les terrains formés incontestablement par des volcans éteints dont les cratères subsistent encore dans leur intégrité;

3° Les terrains volcaniques contestés par un petit nombre de minéralogistes, conservant des traces nombreuses de leur origine, quoiqu'ils se présentent morcelés en lambeaux plus ou moins vastes, et que les cratères qui en ont rejeté les matériaux aient été complètement effacés par les érosions diluviennes, ou peut-être par des causes analogues moins anciennes et moins générales;

4° Les terrains volcaniques contestés par un assez grand nombre de minéralogistes; ces derniers diffèrent des précédens, soit parce qu'ils n'offrent presque plus de traces évidentes de leur

origine,

origine, soit parce qu'ils sont recouverts par les plus anciens dépôts marins ou mêlés avec, soit parce qu'en outre ils sont ordinairement situés loin de tout volcan éteint ou brûlant.

Après avoir établi ces distinctions essentielles, je passe aux applications des moyens d'expériences dont j'ai fait l'exposé.

CHAPITRE TROISIÈME.

Examen des Pâtes Lithoïdes qui entrent dans la composition des Courans de Lave de tous les âges.

La dénomination générale de pâte lithoïde que j'emploie ici, embrasse les variétés de toute espèce, désignées jusqu'à présent sous les noms de lave basaltique uniforme, basalte, base du graustein, base des laves leucitiques, base des laves pétrosiliceuses, horstein volcanique, klingstein, phonolite, feld-spath compacte sonore, domite et base des laves feld-spathiques porphyriques.

Parmi les nombreux échantillons de cette classe que j'ai eus à ma disposition, j'ai choisi pour en faire l'objet spécial de mes expériences, ceux qui présentoient des caractères plus tranchés, qui provenoient de localités plus remarquables, et dont le gisement m'étoit mieux connu. Leur désignation, leur examen particulier et les résultats fournis par chacun d'eux, se trouvent consignés dans la Table de mes expériences. J'ai en outre contrôlé les résultats obtenus, en examinant d'une manière moins rigoureuse, mais suffisante, une foule d'autres variétés dont l'énumération seroit superflue; je ne m'avance pas trop en assurant que j'ai ainsi passé en revue plus de deux cents variétés de laves lithoïdes de tous les âges, recueillies en différens lieux de la France, de l'Allemagne, de la Suisse, de l'Italie, de l'Espagne, de Syrie, de Ténériffe, d'Amérique et des Indes. J'ai été conduit à un petit nombre de notions simples dont l'analogie s'est soutenue dans tous les échantillons du même genre; je vais en exposer le résumé général.

Toutes les pâtes lithoïdes quelconques, sans distinction d'époque, se sont trouvées composées de parties hétérogènes parfaitement discernables, très-distinctes les unes des autres et se présentant sous forme de grains à structure cristallisés, diversement colorés et entrelacés comme dans le granite ordinaire.

Les couleurs font contraster fortement et nettement tous les grains entre eux : ces couleurs sont peu variées.

On ne voit effectivement que des grains d'un blanc parfait ou légèrement jaunâtres, demi-transparens ou doués d'une transparence qui va souvent jusqu'à la limpidité parfaite; des grains d'un vert bouteille, ou d'un vert jaunâtre, ou d'un vert noirâtre, demi-transparens ou quelquefois transparens, et des grains d'un noir parfait et opaques.

J'ai trouvé aussi des grains d'un brun clair et foiblement translucides, et en outre des particules excessivement fines d'un brun rougeâtre, mais dans des cas si rares que j'en fais abstraction pour le moment.

Les grains blancs forment toujours au moins la moitié des masses et quelquefois les 99 centièmes; les grains verts s'y montrent pour un centième jusqu'à près de moitié, et les grains noirs pour un centième jusqu'à plus d'un quinzième.

Le diamètre des grains varie d'un dixième à un cinquantième de millimètre; les limites de grosseur dans chaque échantillon en particulier, sont plus bornées; par exemple, d'un dixième à un vingtième, d'un vingtième à un trentième; cas les plus ordinaires.

La juxta-position de ces grains paroît parfaite, excepté en un petit nombre de points où ils laissent entre eux des vides irréguliers, très-difficilement appréciables, et qui supposés réunis, ne m'ont point paru occuper plus d'un soixantième du volume dans les masses qui en renferment davantage.

La présence de ces vides est un peu plus fréquente dans les laves modernes, douées d'une certaine rigidité, que dans les laves de semblable origine, qui sont *traitables* au même degré que les laves les plus anciennes; ces dernières ne m'ont point offert de différences avec les secondes.

Les masses lithoïdes dont la cassure est unie et comme silicée, sont composées de grains très-fins; c'est le contraire dans les masses à cassure inégale et mate, et dans les masses dont la cassure est sensiblement granuleuse; mais cette règle n'est point absolue; on reconnoît en effet que le degré d'adhérence des grains et l'intensité de leur transparence concourent avec leur volume pour produire ces différens aspects.

On reconnoît aussi que l'intensité de la couleur des masses ne dépend pas seulement de l'abondance des grains de chaque couleur, mais du degré de transparence de ceux qui sont peu

ou point colorés. La teinte des grains fortement colorés perce à travers les grains diaphanes.

Si on veut se rappeler mes expériences préliminaires sur les minéraux volcaniques cristallisés, on jugera sans doute qu'il m'a été facile d'établir des comparaisons décisives, pour m'assurer de la nature des différentes sortes de grains. Leur ténuité après la pulvérisation, n'a pu être un obstacle, puisqu'elle s'est trouvée très-médiocre. J'ai pu commodément les observer isolés, soit sur le porte-objet, soit sur le filet de disthène.

J'ai déterminé directement les caractères dépendans de la couleur, de la transparence, de la cassure et de la forme des fragmens.

La dureté des masses, l'aridité de leur poussière, l'aigreur des grains confondus sous le pilon, et leur impression sur le tas d'acier, ont fourni des caractères composés et indirects lorsque les masses étoient mélangées; mais ces caractères ont été directs lorsque les masses se sont trouvées formées presqu'en entier de grains de couleur blanche.

Dans ce dernier cas, la pesanteur spécifique des masses a été aussi un caractère absolu pour distinguer la nature des grains; caractère qui s'est changé en indication encore très-forte lorsque les grains se sont trouvés mêlés en proportion moins inégale.

Au chalumeau, les grains ont été l'objet de deux sortes d'épreuves fournissant aussi des caractères absolus, savoir, le degré de fusibilité, le mode de fusion et l'action réciproque des particules d'espèces différentes.

Soumis à l'application des moyens que je viens d'assigner, les grains microscopiques de chaque sorte, examinés très-scrupuleusement, n'ont pas cessé de manifester les mêmes caractères dans les pâtes lithoïdes de tous les âges, et se sont trouvés appartenir aux mêmes espèces minérales.

Les grains blancs, excepté dans un petit nombre de cas que je préciserai tout à l'heure, ont présenté, sans ambiguité, tous les caractères du feld-spath cristallisé. On les trouve dans les proportions suivantes, que je rapporterai maintenant sans distinction d'époque, cette distinction devenant inutile.

Les pâtes lithoïdes qui, essayées au chalumeau *par la méthode ordinaire*, fondent en émail noir dont les éclats sont vert bouteille foncé (par exemple les basaltes noirs ou d'un noir grisâtre), en contiennent 0.45 à 0.55.

Les pâtes lithoïdes qui fondent en verre blanc piqué de vert et qui s'en colorent foiblement à la longue (exemple, les klingsteins et les laves pétro-siliceuses, gris cendré, vert grisâtre, brun grisâtre), en contiennent de 0.70 à 0.90.

Enfin les pâtes lithoïdes qui fondent en verre blanc (exemple, les klingsteins, les domites, les laves pétro-siliceuses ou de feld-spath compacte, de couleur blanche ou blanc verdâtre, ou gris de fumée), en contiennent au moins 0.90.

Les grains blancs que je n'ai pu rapporter au feld-spath, se sont rencontrés, les uns dans les bases volcaniques renfermant beaucoup de cristaux de péridot, les autres dans celles qui renferment beaucoup de cristaux d'amphigène.

J'ai reconnu la nature des premiers, principalement à la propriété de se colorer en noir par le feu, et à l'excessive difficulté de leur fusion; ils appartiennent au péridot; je n'ai jamais pu en découvrir plus de 0.20, dans les pâtes lithoïdes où elles figurent en grande quantité; elles y remplacent en partie le feld-spath.

Les seconds ont été principalement distingués à leur infusibilité presque absolue, et à leur couleur persistant au feu; ils appartiennent à l'amphigène, ils remplacent en très-grande partie le feld spath, et forment quelquefois jusqu'aux 40 centièmes des masses.

Les grains jaunâtres, verdâtres ou d'un vert noirâtre, fondent un peu moins facilement que le feld-spath; ils ont constamment offert tous les caractères du pyroxène cristallisé; ils entrent dans les bases indéterminées qui fondent en noir pour 0.35 à 0.45. Dans celles qui fondent en vert bouteille foncé, pour 0.15 à 0.35, pour 0.05 à 0.15; dans celles qui fondent en vert clair et pour moins de 0.01 dans celles qui donnent des verres blancs.

Dans ces deux dernières sortes de pâtes, mais surtout dans celles qui fondent en verre blanc, leur proportion diminue rapidement, parce qu'ils s'y trouvent en partie associés avec des grains de même couleur ou tout à fait bruns, que j'ai reconnu pour de l'amphibole, et beaucoup plus rarement par quelques particules d'un brun clair, qu'il est facile de reconnoître pour du mica.

Ces dernières particules sont en effet en lames très-minces, demi-transparentes, d'un éclat nacré, fondant plus difficilement que le pyroxène, et donnant un verre brun noirâtre persistant sans se mêler.

Il n'est pas aussi aisé de distinguer l'amphibole d'avec le pyroxène; voici le tableau des principales différences : les grains amphiboliques sont allongés et tendans à la forme prismatique; ceux du pyroxène sont arrondis et irréguliers; les uns offrent des indices de lames et les autres une cassure vitreuse rarement unie; les premières ont un éclat assez foible, excepté suivant le sens des lames; les seconds sont éclatans; ceux-ci sont de couleur brune ou vert noirâtre; ceux-là sont de couleur vert jaunâtre, vert bouteille et rarement vert noirâtre. Enfin sur le filet du disthène les particules d'amphibole fondent avant celles de feld-spath et donnent un émail brun ou un verre d'une couleur vert noirâtre plus ou moins foncée; les particules pyroxéniques, au contraire, sont moins fusibles que celles du feld-spath et donnent un verre de couleur vert bouteille, ou vert jaunâtre plus ou moins clair; par le contact du feld-spath, ces dernières deviennent beaucoup plus fusibles.

La nature des grains noirs opaques m'a embarrassé dans l'origine; leur détermination a donné lieu à un travail particulier dont j'ai déjà parlé, et que j'ai publié il y a quelques années; j'ai démontré qu'ils appartenoient à un nouveau minéral, le fer titané. Leur reconnoissance est plus facile encore que celle des grains feld-spathiques. La vivacité de leur éclat métallique, leur cassure conchoïde parfaite, leur couleur persistante et leur propriété magnétique qui permet de les isoler à volonté, en font sûrement reconnoître l'espèce jusque dans les particules les plus déliées. On en découvre depuis 0.05 à 0.15 dans les pâtes lithoïdes qui fondent en noir, de 0.03 à 0.05 dans celles qui fondent en vert foncé, de 0.02 à 0.03 dans celles qui fondent en vert très-clair et moins de 0.02 dans celles qui fondent en blanc.

Les grains noirs appartiennent quelquefois en partie au fer oligiste. La couleur de la poussière les dénonce facilement; j'ai constaté anciennement par les épreuves chimiques faites pour rechercher le fer titané, que le cas étoit extrêmement rare.

Le barreau aimanté n'enlève pas au reste la totalité des grains noirs opaques, que la pulvérisation a complètement dégagés. Il en reste souvent une foible portion qui peut aller jusqu'à plus de 0.01. Les caractères extérieurs de ces derniers ne diffèrent pas sensiblement de ceux du fer titané. Isolés, ils fondent encore plus difficilement en émail noir; mêlés au feld-spath et au pyroxène, ils ne se dissolvent pas; ces propriétés excluant

le fer chromaté et le grenat noir dit mélanite, je présume qu'on peut les rapporter au ménakanite, qui est une combinaison de titane et de fer en égale proportion. (Je rappellerai ici que le fer titané ne contient que 0.15 de titane.)

D'après ces détails, on voit que les associations des différentes espèces de minéraux microscopiques sont très-peu nombreuses et seulement ternaires ou quaternaires. Elles se divisent naturellement en deux classes. Dans les unes le feld-spath très-prédominant par sa quantité, imprime aux masses les principaux caractères qui lui sont propres; dans toutes les autres, c'est le pyroxène qui prédomine, soit par sa quantité, soit par l'intensité de sa couleur et les caractères remarquables de fusion qu'il communique constamment aux masses.

Les associations de la première classe peuvent se réduire à quatre, savoir :

Feld-spath, prédominant avec pyroxène et fer titané.
Feld-spath, prédominant avec fer titané et amphibole.
Feld-spath, prédominant avec amphigène et fer titané.
Feld-spath, prédominant avec fer titané, mica et amphibole.

Les associations de la seconde classe peuvent aussi être réduites à quatre, savoir :

Pyroxène, feld-spath et fer titané.
Pyroxène, feld-spath, fer titané et péridot.
Pyroxène, feld-spath, fer titané et amphigène.
Pyroxène, feld-spath, fer titané et fer oligiste.

Ces dernières notions complètent la reconnoissance des différentes substances minérales qui, sous forme de grains cristallins microscopiques, composent les pâtes lithoïdes des courans de lave de tous les âges.

J'ajouterai maintenant, que j'ai originairement épuisé plusieurs hypothèses très-opposées à la véritable composition mécanique. En effet il eût été possible de découvrir une substance génératrice commune et absolument nouvelle; on auroit pu rencontrer un nombre plus considérable de substances soit nouvelles, soit déjà connues; enfin les mélanges pouvoient être plus variés, et chaque localité volcanique pouvoit avoir les siens; mais l'observation a facilement fait justice de ces différentes hypothèses.

Mes principaux efforts ont été dirigés vers la recherche de l'amphibole, minéral dont l'existence gratuitement supposée, a

servi jusqu'ici de lien ou de principe à presque toutes les classifications ou explications des produits volcaniques. On a vu que le feld-spath étoit vraiment la substance prédominante dans toutes les pâtes lithoïdes, après lui le pyroxène et ensuite le fer titané. L'amphibole microscopique ne se montre que dans les pâtes presqu'entièrement feld-spathiques; sa présence y est toujours dénoncée par des cristaux amphiboliques disséminés, très-apparens; si ce minéral eût existé en abondance dans les pâtes basaltiques, il seroit bien étonnant qu'on ne l'y rencontrât jamais (1) en cristaux apparens, tandis qu'on y voit figurer constamment des cristaux distincts de pyroxène plus ou moins bien accompagnés de cristaux également remarquables, de péridot, de feld-spath, de fer titané ou d'amphigène. Ces considérations seroient d'un

---

(1) Pendant le cours de mes voyages, j'ai eu lieu d'examiner un bien grand nombre de couches basaltiques de tous les âges; deux seulement m'ont présenté de l'amphibole en cristaux disséminés, apparens à la vue simple; je vais en donner l'indication. L'une de ces couches située au sommet du Puy-Corent (en Auvergne), est composée de croûtes basaltiques boursoufflées ou scorifiées, servant de chapeau à une nappe de lave compacte, en partie colonnaire. Ces croûtes renferment un assez grand nombre de fragmens d'amphibole cristallisé, informes, d'un volume communément médiocre et quelquefois gros comme le poing; offrant des surfaces inégales, irrégulières, tantôt lisses et comme polies, tantôt ternes et scorifiées; ils sont accompagnés de cristaux de pyroxène et de fer titané, rares, petits, d'un volume assez égal et en tout semblables à ceux de même nature qu'on distingue dans la lave compacte inférieure; il est à remarquer que de son côté cette lave ne renferme pas d'indice d'amphibole. Le sommet du Cantal (même contrée) est terminé par un lambeau de couche basaltique recouvert presqu'entièrement par un gazon épais. Les angles saillans de la roche montrent quelques prismes imparfaits d'amphibole, dispersés avec quelques grains de pyroxène au milieu d'une pâte tantôt dense, tantôt légèrement boursoufflée. J'ai en outre reconnu la présence de l'amphibole dans plusieurs fragmens de roche basaltique, abondans d'ailleurs en cristaux parfaits de pyroxène et de péridot, et gisant au milieu des tufs basaltiques de Thiezac (même contrée). Enfin je suis parvenu à trouver dans les nombreuses collections de Paris, une demi-douzaine d'échantillons basaltiques de localités mal connues, qui offroient avec beaucoup de pyroxène et quelque peu de péridot, des cristaux disséminés d'amphibole. Je ferai remarquer que dans les roches que je viens de citer, ce minéral paroît adventif, à en juger seulement par sa rareté, son défaut de forme, l'inégalité de son volume, la scorification de ses surfaces et le boursoufflement de la matière basaltique immédiatement environnante. On pourra découvrir de nouvelles raretés géologiques analogues à celles que je viens d'indiquer; mais il est évident qu'on n'en pourra rien conclure pour la masse immense des terrains basaltiques incontestablement exempts d'amphibole. Ainsi les conséquences absolues, déduites de mes expériences et de mes nombreuses recherches, subsistent dans leur entier.

grand poids, dans le cas où on viendroit à supposer que je me suis laissé induire en erreur, dans tout le cours de mes expériences, à l'égard du pyroxène et de l'amphibole.

Le passage gradué qu'on a observé entre le basalte noir et la lave granitoïde du Meisner et de Saint-Sandoux (en Auvergne), dite ~~mimose~~ dolerite, se trouve en harmonie avec mes expériences et leur prête un point d'appui irrécusable. Maintenant on peut avec certitude dire indifféremment que la ~~mimose~~ dolerite est un basalte à grains visibles, ou que le basalte est une ~~mimose~~ dolerite à grains microscopiques.

Mes résultats d'analyse mécanique ne sont pas moins d'accord avec ceux de l'analyse chimique; ils en expliquent les variantes. Les principes constituans, extraits de différentes pâtes lithoïdes bien caractérisées, telles que les basaltes de Hasenberg en Bohême, de 1669 à l'Ethna, et le klingstein de Sanadoire en Auvergne, sont en rapport avec ceux des minéraux microscopiques composans; ce rapport se concevant de reste, je ne m'arrêterai pas à en exposer les termes; je ferai remarquer seulement que le titane contenu dans les pâtes lithoïdes, a échappé aux chimistes à raison de sa petite quantité, et qu'il en est probablement de même de la magnésie, dont l'existence en proportion très-foible, est indiquée *à priori* dans beaucoup de basaltes, par la présence du péridot microscopique. Du reste, à l'avenir, il sera curieux de vérifier si à l'aide d'une simple reconnoissance mécanique, et considérant l'espèce des minéraux microscopiques composans, leur mélange et la relation des volumes aux poids, on peut à l'avance obtenir, avec une approximation suffisante, l'expression numérique de la composition chimique d'une pâte lithoïde quelconque.

Ces considérations auxiliaires fortifient les résultats directs de mes expériences, et leur impriment, je crois, le degré d'évidence qu'il est possible d'atteindre dans un semblable sujet. Il faut donc admettre les faits généraux suivans.

Les pâtes lithoïdes des courans de lave modernes, celles des courans incontestables antérieurs aux temps historiques, celles des lambeaux de courans dont l'origine est plus ou moins contestée, sont identiques de contexture intime et de composition mécanique.

Toutes sont des granites microscopiques dans lesquels l'uniformité du tissu entrelacé n'est interrompue que par de très-petites

vacuoles,

vacuoles, un peu moins rares dans certaines laves incontestables que dans toutes les autres.

Les minéraux élémentaires de ces granites microscopiques appartiennent au petit nombre d'espèces qu'on trouve souvent disséminées en cristaux apparens dans les pâtes lithoïdes.

Les associations de ces minéraux élémentaires peuvent être géologiquement réduites à huit, qui sont simplement ternaires ou quaternaires, et dans lesquelles deux des substances élémentaires, le feld-spath et le pyroxène, sont constamment prédominantes, non-seulement par leur abondance, mais encore par l'influence des propriétés dont elles sont douées.

Enfin ces associations considérées sans le secours du microscope et sans celui de la loupe, redeviennent des masses d'apparence homogène, dont les propriétés composées sont dominées tantôt par les caractères du feld-spath, et tantôt par ceux du pyroxène; les autres minéraux élémentaires, rares ou masqués, n'exercent presqu'aucune influence caractéristique, et les masses ne peuvent plus être minéralogiquement distinguées qu'en deux sortes.

Les conséquences immédiates qu'on peut naturellement déduire de ces faits généraux sont tellement fondamentales, que je crois devoir indiquer quelques-unes des plus marquantes, avant de passer à l'exposition de mes expériences sur les autres bases indéterminées des roches volcaniques.

D'abord il est évident qu'on n'a pas été fondé à élever au rang de véritables espèces minéralogiques, plusieurs des pâtes lithoïdes dont je viens de déterminer la nature; d'un autre côté, beaucoup de minéralogistes ont été trop loin, en les rejetant toutes, sans descriptions spéciales et préalables, dans les classifications purement géologiques. Il paroît naturel de suivre à leur égard le parti qu'on est unanimement convenu de prendre pour les minéraux quartzeux ou calcaires mélangés. Elles peuvent donc et elles doivent être rapportées aux variétés compactes des deux minéraux élémentaires dominans, en leur accordant des noms particuliers et surtout des descriptions très-détaillées, à raison de l'importance du rôle qu'elles jouent dans les roches volcaniques. Ainsi les pâtes lithoïdes qui fondent en verre blanc permanent, ou en verre blanc piqué de vert ou de noir et se colorant foiblement à la longue, appartiendront au feld-spath compact, et celles qui donnent un émail noir ou un verre de couleur verte foncée, appartiendront au pyroxène compact. Je réunirai les

premières sous le nom de *leucostine*, suggéré par la grande quantité de grains blancs qu'elles renferment et qu'on y peut aisément distinguer à l'aide d'une bonne loupe et d'une vive lumière. Je conserverai au second le nom de *basalte*, qui est en quelque sorte consacré.

Désormais la notion minéralogique conventionnelle du basalte deviendra celle-ci : pyroxène compact, mélangé de beaucoup de parties microscopiques de feld-spath et de fer titané, auxquelles s'associent quelquefois des particules de péridot, d'amphigène et de fer oligiste.

La notion minéralogique conventionnelle de la leucostine sera : feld-spath compact, mêlé d'une petite quantité de fer titané microscopique, auquel s'associent de petites quantités de pyroxène, d'amphibole, de mica, ou d'amphigène.

La synonymie du basalte comprendra principalement les laves argilo-ferrugineuses homogènes de Dolomieu, les laves basaltiques uniformes de M. Haüy, le basalte trappéen, le graustein et la lave proprement dite de M. Werner.

La synonymie de la leucostine embrassera les laves pétrosiliceuses homogènes de Dolomieu, les laves pétrosiliceuses uniformes et le feld-spath compact sonore de M. Haüy, la domite et la lave à base de hornstein de Karsten, le klingstein et la base de plusieurs thonporphyres de M. Werner.

Les modifications de la contexture, qui tantôt est compacte, tantôt écailleuse et tantôt granulaire, fourniront des subdivisions faciles à motiver. Les variations de composition mécanique pourront être prises subsidiairement en considération, ainsi que les accidens dus au boursoufflement ; mais je reviendrai sur ce sujet ; pour le moment je me contente de l'essentiel, c'est-à-dire de poser les principes.

Cette distribution naturelle, tout en détruisant les préjugés conçus à l'égard de la composition des pâtes lithoïdes, a l'avantage de ne pas s'éloigner sensiblement des coupures empiriques déjà établies. Elle concilie même les opinions sous un certain point de vue. En effet, les minéralogistes qui ont soutenu que toutes les pâtes lithoïdes étoient des mélanges, avoient raison, et ceux qui ont prétendu qu'on pouvoit les placer dans la méthode minéralogique, n'avoient pas tort.

Si les recherches précédentes peuvent servir à concilier des opinions sous le point de vue minéralogique, elles ne concilient

point les hypothèses géologiques imaginées pour expliquer l'origine, la fluidité, la coagulation lithoïde des courans de lave. Bien loin de là, mes résultats ne satisfont à aucune de ces hypothèses, ou, pour m'énoncer avec plus de logique, et comme je crois être autorisé à le faire, aucune de ces hypothèses ne satisfait à mes résultats. Je n'entrerai à ce sujet dans aucun développement; mais je reproduirai les conséquences de mes observations sous une autre forme, et j'en déduirai l'expression rigoureuse des conditions qui caractérisent le phénomène de la coagulation des courans de lave; je dirai qu'il est démontré que la matière intérieure des courans (ceux d'obsidienne exceptés) se *cristallise en entier* par le refroidissement, et se change en une infinité de très-petits cristaux ou grains entrelacés solidement, laissant entre eux des vacuoles rares et déliées, et appartenant à des espèces minérales bien déterminées.

Cette notion, considérée comme loi générale, explique facilement beaucoup de cas particuliers non encore résolus; je me contenterai d'en produire un exemple remarquable.

On a discuté depuis long-temps, et on discute encore, sur l'origine des cristaux apparens, disséminés dans les pâtes lithoïdes. Les uns prétendent que la formation de ces cristaux a eu lieu au milieu de la matière incandescente, les autres pensent qu'ils ont été apportés des entrailles de la terre, après avoir résisté au ramollissement ou à la fusion des roches qui leur servoient originairement de matrice (1). D'après mes expériences, il me semble que la difficulté n'existe plus. Un cristal de deux à trois

(1) Nous sommes riches en explications des phénomènes volcaniques. Il a été plus facile d'imaginer des hypothèses sur leur nature, que d'étudier, d'anatomiser et de bien décrire leurs produits. Jusqu'à présent on n'a su voir dans ces produits que des roches diverses, fondues ou remaniées par des causes locales; à coup sûr c'est trop resserrer le champ des suppositions. Quand à défaut de faits, la science accueille les spéculations hypothétiques, il faut au moins tâcher d'épuiser la série de ce qui est possible. C'est d'après cette considération que Dolomieu s'étoit décidé à mettre en avant, dans un de ses derniers ouvrages, une idée absolument neuve et qui paroît plus féconde que toutes celles qui ont précédé. Cette idée, que je ne juge pas ici, conduiroit à faire supposer que la volcanicité est un phénomène général; que la matière des laves remplit une grande partie de l'intérieur du globe, si ce n'est la totalité; qu'elle y a existé de tous les temps, douée de la liquidité pâteuse et de la plus haute incandescence; et qu'elle y éprouve des modifications extrêmement lentes, dont les tremblemens de terre et les éruptions sont le produit.

millimètres de longueur ne se forme pas en vertu d'une autre force d'agrégation qu'un cristal d'un vingtième ou d'un cinquantième de millimètre; les dimensions dépendent de la continuité d'action; beaucoup de causes peuvent la troubler. Si le refroidissement des courans peut résoudre toute leur masse liquide en cristaux microscopiques, il y a tout lieu de croire que les gros cristaux qui s'y trouvent disséminés sont les premiers produits de l'agrégation régulière.

On pourra s'étonner qu'après avoir démontré que le pyroxène est un des produits formés par la résolution complète de la matière des laves en cristaux, je ne propose pas de changer le nom de ce minéral; ce nom signifie effectivement *étranger au domaine du feu;* il a été suggéré à M. Haüy par Dolomieu, qui a partagé long-temps la seconde des opinions dont j'ai parlé plus haut. J'estime que l'étymologie pourra être interprétée à l'avenir sous un tout autre point de vue; la dénomination de pyroxène rappellera aux observateurs que les phénomènes volcaniques diffèrent essentiellement de ceux du feu que nous savons produire, et que c'est à tort que l'on a cru jusqu'à présent le contraire; elle les avertira qu'il faut abandonner désormais tout préjugé de cette espèce, si l'on veut avancer dans l'étude des volcans, et parvenir surtout à déterminer quelles sont les causes inconnues qui, jointes à l'incandescence, donnent la fluidité aux courans de lave, permettent aux combinaisons chimiques de s'y former, et favorisent l'agrégation régulière et complète de ces combinaisons, pendant la durée du refroidissement.

Après avoir trouvé le mode uniforme qui régit la composition des pâtes minérales qui font la base des courans lithoïdes de tous les âges et de tous les pays; après en avoir déduit l'expression de la loi qui préside à la coagulation des laves incandescentes, je compléterai l'examen des laves lithoïdes anciennes et modernes, en démontrant l'inexactitude des rapprochemens dont elles ont été jusqu'à présent l'objet.

Une partie des minéralogistes supposent que les laves modernes ne ressemblent point aux laves anciennes, que ces dernières, au contraire, ont une composition analogue à celle des trapps, des cornéennes et des pétrosilex, et que par conséquent leur origine est semblable. Les autres assurent que les laves anciennes et modernes ne sont rien autre chose que des pétrosilex, des cornéennes et des trapps remaniés par les agens sou-

terrains, et auxquels la coagulation a restitué leur contexture originaire. On voit qu'il y a trois termes dans ces analogies: j'ai prouvé que le premier et le second sont fort différens de ce qu'on les a supposés; je vais prouver qu'on n'a guère mieux connu le troisième terme.

CHAPITRE QUATRIÈME.

Comparaison des Substances minérales non volcaniques, nommées Pétrosilex, Trapp *et* Cornéenne, *avec les Pâtes lithoïdes des courans de lave de tous les âges.*

JE ne traiterai point des cornéennes, des trapps et des pétrosilex avec le détail que réclamoit l'histoire des recherches dont j'ai rendu compte dans le Chapitre précédent. Je me contenterai d'esquisser les principaux traits qui font contraster ces trois genres de pierres avec les pâtes lithoïdes.

On sait que ces pierres se trouvent en grandes masses compactes dans les terrains primitifs ou intermédiaires, et que plusieurs variétés se rencontrent même dans les terrains secondaires. Malgré les recherches nombreuses dont elles ont été l'objet, leur rôle dans la science est encore bien équivoque; elles appartiennent à cette grande division du règne minéral qui comprend *toutes les substances terreuses qu'on regarde comme composées de particules indiscernables irrégulièrement agrégées;* substances imparfaites à nos yeux, constamment informes, ne montrant qu'une structure confuse, qui se ressemblent beaucoup par l'uniformité de leur tissu, qui, considérées hors de leur gisement, ne peuvent souvent être distinguées que par les nuances fugitives d'un petit nombre de caractères extérieurs ou empiriques, et dont les définitions spécifiques n'ont communément d'autres fondemens que des assertions plus ou moins hazardées, reposant sur des notions ou même des hypothèses géologiques. C'est ainsi qu'on les définit en général comme des *produits aqueux;* les uns sont, dit-on, des précipités chimiques durcis; les autres, des précipités mécaniques consolidés; celles-ci ont été déclarées homogènes, celles-là composées de particules hétérogènes; d'autres enfin participent plus ou moins de ces différens modes, et forment, à ce qu'on assure, des variétés de *passage.* Ces manières de

voir peuvent être justes; mais des assertions et des conjectures de ce genre ne peuvent pas suppléer à l'absence fréquente de toute propriété vraiment spécifique. Des opinions ne sont pas des caractères, et on ne doit point s'étonner si les minéralogistes ne s'accordent point encore sur la définition et la nomenclature des nombreuses substances dont je veux parler, sur la manière de les décrire et la place que chacune d'elles doit occuper dans la méthode purement minéralogique. Je n'insiste au reste sur ces considérations générales, que parce qu'elles sont plus spécialement applicables aux trois genres de pierres que je vais examiner.

En me servant des vieilles dénominations de pétrosilex, de trapp et de cornéenne pour désigner ces pierres, je n'entends aucunement préjuger du parti que les connoissances actuelles permettent de prendre à leur égard; j'ai voulu seulement me rapprocher du langage employé par Wallerius, Bergmann, Saussure et Dolomieu, et remonter ainsi à la source des fausses analogies dont les laves anciennes et modernes ont été jusqu'à présent le sujet.

Sous la dénomination générique de pétrosilex, je comprends le pétrosilex compact ou terreux de Dolomieu, le palaiopêtre et le feld-spath terreux non volcanique de Saussure, l'eurite de M. d'Aubuisson, le feld-spath compact de M. Werner, les variétés de son hornstein qui fondent en verre blanc, et en grande partie la base (haupt masse) des variétés de son thonporphyr qui renferment des grains de quartz disséminés. Le pétrosilex constitue la base d'un grand nombre de porphyres diversement colorés. La présence ordinaire du quartz au milieu des autres cristaux disséminés, l'absence constante de toute cavité bulleuse et de toute concrétion amygdaloïde, en sont les principaux caractères empiriques (1). Sa dureté, sa pesanteur spécifique, sa fusion

---

(1) Quelques variétés fort rares de pétrosilex et de trapp offrent la contexture variolaire, qu'il ne faut pas confondre avec la contexture amygdaloïde. Les *varioles* sont des nœuds orbiculaires ordinairement petits, d'un égal diamètre dans le même bloc, tantôt compactes et tantôt rayonnés à rayons microscopiques concentriques, inséparables de la pâte qui les renferme et de même nature, s'en distinguant seulement par des couleurs peu distinctes, assez communément zonaires. Les *amandes* se présentent avec des formes et des dimensions variables dans le même bloc; souvent elles y sont entremêlées de cavités

en verre ou émail blanchâtre, font penser, avec baucoup de raison, qu'il est composé tantôt en entier, tantôt en grande partie, de molécules feld-spathiques.

Je range sous la dénomination générique de trapp, le diorite compacte et la roche argileuse dure de M. Haüy, la base du porphyre rouge antique, le grunstein compacte de M. Werner, les schistes argileux (thonschiefer) durs et en masses non feuilletées, la pierre de touche ou lydienne, et les variétés du wetzschiefer et du kieselschiefer de M. Werner, qui fondent en verres colorés. Toutes ces substances fondent en verre noir opaque, ou d'un vert foncé, ou d'un vert jaunâtre. Leur principal caractère empirique est de ne contenir jamais aucune cavité bulleuse ni concrétion amygdaloïde. On suppose que les unes sont composées de particules d'amphibole et de feld-spath, et les autres d'argile ferrugineuse mêlée de molécules amphiboliques, feld-spathiques, ou quartzeuses.

Enfin je désigne sous la dénomination générique de cornéenne, les schistes argileux tendres de tous les âges, qui sont en masses non feuilletées ou imparfaitement feuilletées, et leurs variétés mixtes avec le schiste amphibolique, le schiste chlorite, la serpentine schisteuse, l'ardoise proprement dite, l'argile pyriteuse endurcie et le calcaire argileux compacte, simple ou ferrifère. Je comprends dans cette synonymie une partie des variétés du thonschiefer, de l'alaunschiefer et du schieferthon de M. Werner, et en général les pierres dites *argileuses*, tendres, non feuilletées, noires, grises ou verdâtres, exemptes de la contexture amygdaloïde, souvent pyriteuses et quelquefois mêlées ou accompagnées de matières charbonneuses, qu'on a voulu assimiler aux pâtes lithoïdes des courans de lave anciens et modernes. Un de leurs principaux caractères empiriques communs, est de ne renfermer aucune cavité bulleuse ni concrétion en forme d'amande, et d'être très-rarement porphyriques. On les suppose formées d'argile ferrugineuse, tantôt simple et tantôt plus ou moins mélangée de molécules amphiboliques, quartzeuses, feld-spathiques,

---

bulleuses; on les voit tantôt pleines et tantôt plus ou moins creuses; elles adhèrent foiblement à la pâte environnante; elles en diffèrent essentiellement par leur nature et leur couleur; enfin leur composition offre des minéraux d'espèces très-différentes, affectant des structures variées et se groupant quelquefois en assez grand nombre dans la même géode.

talqueuses, calcaires, de mica, de carbonne, de carbure de fer ou de fer sulfuré.

On voit, par ces détails, que j'exclus formellement des trapps et des cornéennes, les pâtes indéterminées de toutes les roches amygdaloïdes et boursoufflées, sans excepter même l'ophite antique. Je regarde cette exclusion comme un des résultats les plus utiles de mes expériences. Je la motiverai au chapitre dans lequel je traite des laves lithoïdes altérées, sous la dénomination provisoire de wackes volcaniques de toutes couleurs.

Quant au basalte noir antique, je suis fondé à assurer que ce n'est ni un trapp, ni une lave; j'ai eu occasion de l'étudier en Egypte avec Dolomieu, sur un grand nombre d'échantillons, et mon ami, M. de Roziéres, en a exactement constaté le gisement près des cataractes du Nil; on doit en faire deux variétés de la syénite, sous les noms de *syénite granulaire* et *syénite compacte.*

Du reste, j'ai évidemment compris des substances très-différentes sous les dénominations génériques de trapp, de cornéenne et de pétrosilex. Mais je le répète, mon objet n'étoit pas de faire un traité sur ces substances et de les distinguer nettement les unes des autres. Il a dû me suffire de les examiner sous le rapport d'un petit nombre de propriétés très-saillantes, communes aux variétés de chaque genre, et de montrer combien elles diffèrent des laves lithoïdes anciennes et modernes *non altérées*, à s'en tenir aux points de vue essentiels, c'est-à-dire à la comparaison de la texture intime, de la composition mécanique et des principaux caractères empiriques. Je passe donc à cette comparaison.

Ces trois genres de pierres considérés dans leurs gisemens, se lient intimement aux roches accompagnantes, soit en admettant les mêmes minéraux disséminés sous forme de grains ou cristaux apparens, soit par des passages de composition ou de contexture, soit par les conditions qui caractérisent leur stratification.

Au contraire, les laves lithoïdes anciennes et les autres couches volcaniques accompagnantes, sont presque toujours évidemment adventives relativemeut aux terrains qui leur servent de support ou qui par fois leur sont superposés, n'ayant avec eux aucune

relation

relation directe de contexture ou de composition, et souvent aucun rapport de stratification (1).

---

(1) L'*état* d'une science est assez exactement caractérisé par la richesse ou la pauvreté de sa terminologie ; est-elle peu avancée, l'abus des expressions génériques non définies ou mal définies, devient presque inévitable ; il influence l'observateur, altère les produits de l'observation, défigure les faits, entraîne la confusion des idées, conduit à des analogies imaginaires, et mène, sans qu'on s'en aperçoive, à l'erreur, quelquefois même à l'absurde. Ajoutons qu'on y tient en général d'autant plus, que c'est un moyen commode pour se passer de précision, pour se dispenser d'études trop difficiles, et pour déguiser, à l'aide d'un faux appareil scientifique, la limite bornée et l'insuffisance des connoissances acquises.

On ne peut méconnoître les effets de cet abus lorsque, s'armant d'une saine logique, on veut approfondir les bases élémentaires de beaucoup de notions géologiques reçues ou données comme inconstestables ; par exemple, combien de manières d'être différentes ne confond-on pas à l'aide des mots *passage* et *transition?* A s'en tenir aux produits volcaniques, nous avons des transitions ou passages sous le point de vue de la composition, du tissu intime, de la contexture, de la dureté, de la couleur, du boursoufflement, du relâchement des parties, de leur décomposition et de leur désagrégation.

Voici comment j'écarte, en beaucoup de cas, l'abusif emploi de ces expressions vagues et bannales.

Je nomme en général *jonction* la rencontre d'une couche volcanique avec une couche de même origine ou d'une origine différente. La jonction est *distincte* lorsque la coupe du plan de rencontre offre une ligne de séparation nettement prononcée ; elle est *confuse* lorsqu'il y a pénétration entre les matières qui composent les deux faces de rencontre, et qu'il n'est pas possible de discerner où finit l'une et où commence l'autre. De ces pénétrations il résulte des bandes plus ou moins parfaitement mixtes et communément assez minces ; je leur donne le nom d'*entre-couches*, et je nomme *roche d'entre-couche*, la roche qui les compose. Ce second cas, au reste, est très-fréquent et se conçoit facilement ; la majeure partie des déjections volcaniques sont ordinairement meubles, et les faces scorifiées inférieures et supérieures des nappes de lave sont susceptibles de le devenir à la longue ; il s'établit une foule de jonctions confuses en vertu des différences qui existent entre l'écartement et le volume des parties incohérentes respectivement en contact d'une couche à l'autre, et par suite de l'action continue des eaux filtrantes, du poids des parties libres et de la pression des masses superposées. De là de prétendues transitions très-variées et quelquefois bizarres. Telle est celle-ci :

Soit une plaine formée de granite à gros grains et superficiellement décomposé, sur laquelle des graviers, puis des sables de même nature ont été déposés par un cours d'eau. Une éruption volcanique voisine couvre les sables avec des cendres fines et des cendres plus ou moins mélangées de fragmens de scories. Ensuite un courant de lave basaltique s'étend sur le tout. Qu'arrive-t-il avec le temps? la croûte scorifiée inférieure du courant se désagrège, s'affaisse et se

Les premières se présentent sous forme de masses constamment pleines et parfaitement denses, les secondes sous forme de masses plus ou moins criblées de cavités bulleuses de toutes dimensions.

---

lie avec des déjections incohérentes ; celles-ci se tassent et pénètrent dans les sables qui eux-mêmes sont mêlés aux graviers et aux débris granitiques confondus ; pour peu que les eaux filtrantes déposent le plus léger ciment calcaire, ou ferrugineux, ou siliceux dans ce système, tout le massif se trouve lié, et dans les idées de beaucoup de minéralogistes, présente alors le prétendu passage du granite au basalte par le gravier, le sable (ou le grès), la cendre durcie, le tuf et la brèche à base de wacke basaltique.

La nature a réalisé plus ou moins complètement cet exemple en plusieurs endroits de l'Auvergne et des Cévennes, dans lesquels il existe des matières volcaniques incontestables. Mais je vais plus loin ; je suppose qu'un pareil système ait été démantelé par une cause quelconque, et qu'il n'en reste que des lambeaux; que faudrait-il conclure de la transition prétendue? que le basalte est de la même *formation* que le granite? Au fait cependant, ces lambeaux seroient le produit de cinq formations distinctes, savoir : celle du granite, sa décomposition, celle du courant d'eau, celle de l'éruption pulvérulente et celle du courant de lave, auxquelles il faudroit ajouter une action postérieure composée elle-même des effets amenés par les filtrations, le tassement, la macération, le dessalement des matières volcaniques et les concrétions infiltrées.

On voit qu'une simple analogie tirée de ce qui se passe journellement sous nos yeux, et dégagée de toute hypothèse, rend parfaitement raison des cas assez rares où les roches volcaniques anciennes se lient avec les couches non volcaniques et ne leur paroissent point adventives.

Du reste, *la superposition à jonction confuse* n'existe pas seulement dans les terrains volcaniques et à leur contact avec les autres terrains ; on l'observe aussi, quoique très-rarement, à la rencontre respective de ces autres terrains. Malgré la longueur de cette note, je ne résiste pas au desir d'en faire connoître un exemple qui rentre tout-à-fait dans mon sujet et qui est sûrement curieux, puisqu'il offre la plus belle transition possible du granite le plus ancien au calcaire coquillier !

Cette prétendue transition se rencontre en Bourgogne ; elle a été découverte et observée pour la première fois à Château-Neuf, près de la Clayette, par M. de Drée ; j'accompagnois Dolomieu lorsqu'il en fit la vérification. Les collections de Paris en possèdent de beaux échantillons : en voici l'indication sommaire : le granite de Château-Neuf est à très-gros grains, à peu près des mêmes couleurs et presque aussi beau que le granite de Syène en Egypte. Il étoit superficiellement désagrégé lorsque la matière calcaire a été déposée par dessus. Non-seulement cette matière a pénétré jusqu'au vif de la roche granitique, en s'insinuant à travers ses débris, mais encore elle embrasse des cristaux isolés qui ont été facilement soulevés à une petite distance, à raison de la densité du liquide formant le dépôt. La jonction confuse des deux terrains se fait donc par une roche mixte accidentelle (ou d'*entre-banc*) de plusieurs décimètres d'épaisseur, qui, dans sa partie inférieure, est composée de granite à

Dans les unes on trouve, à la vérité, des grains ou cristaux disséminés de feld-spath, d'amphibole et quelquefois de mica; mais ils sont associés a des grains de quartz, de diallage, de talc, de chlorite, de fer oxidulé, de fer sulfuré et de pyrite magnétique, minéraux tout-à-fait étrangers aux terrains volcaniques. On n'y voit jamais ni *péridot*, ni *pyroxène*, ni *amphigène*, ni *fer oligiste*, ni *fer titané*.

Dans les autres, la rareté du mica et de l'amphibole, l'absence totale des pyrites et du fer oxidulé, *celle si remarquable du quartz*, deviennent des caractères négatifs aussi puissans que la présence du fer titané, du fer oligiste, du pyroxène, de l'amphigène et du péridot associés au feld-spath.

Ces différences principales entre les caractères empiriques respectifs sont déjà très-marquées; on en trouveroit aussi entre les nuances des caractères extérieurs; mais je dois les passer sous silence pour établir la comparaison vraiment essentielle, celle du tissu intime et de la composition mécanique.

On se rappelle que l'apparence des pâtes lithoïdes vues à l'œil nu est une illusion due à la foiblesse de cet organe; qu'elles sont douées d'un tissu grossier, interrompu par des vacuoles, et composées de cristaux ou grains entrelacés, dont le diamètre n'excède guère un vingtième ou un trentième de millimètre; conditions qui permettent de déterminer l'espèce des minéraux élémentaires; il n'en est pas de même des trapps, des pétrosilex et des cornéennes.

Je dois dire ici qu'avant de tenter l'examen microscopique de ces trois genres de substances minérales compactes, je m'étois flatté de ne pas rencontrer plus de difficulté que je n'en avois

---

ciment de chaux carbonatée plus ou moins visible, et dans sa partie supérieure, d'un superbe porphyre calcaire à gros grains de quartz gris et de mica noir, et à grands cristaux de feld-spath d'un rouge de chair très-éclatant. D'ailleurs le calcaire est d'un blanc grisâtre ou d'un gris de fumée, écailleux à écailles spathiques, et s'approchant de la structure compacte. Il contient des rognons de silex roux (fauerstein), et dans le prolongement de sa formation, qui est très-étendue, des griphites, des entroques et des astroïtes.

Convenons-en, la découverte de ces circonstances singulières eût été une bonne fortune pour un partisan des idées de transition; il est plus facile en effet de convertir tout gisement anomal en loi générale, que d'en résoudre les conditions spécieuses, et de démontrer comment elles peuvent se classer naturellement dans la masse des grands phénomènes déjà connus de tous les géologues.

trouvé dans l'étude des pâtes lithoïdes volcaniques, mais j'ai été bientôt détrompé; les obstacles que j'ai éprouvés ont eu un premier résultat utile; ils m'ont fait voir que j'attaquois les produits d'un mode de formation bien différent.

Je rejette dans la table générale le détail de mes expériences, ainsi que la désignation précise des échantillons que j'ai examinés; je me contente d'avertir que, parmi ces échantillons, on verra figurer les trapps et les cornéennes des montagnes de Suède, anciennement cités par Bergmann et Wallerius; c'est principalement la collection de M. Le Lièvre qui me les a fournis. Je vais exposer maintenant les résultats généraux de mes observations.

Le tissu intime des trapps, des cornéennes, des pétrosilex, examiné au microscope, se montre uniforme et sans aucunes vacuoles; sa finesse est souvent si excessive, qu'on n'aperçoit point d'élémens divers, et qu'il conserve l'apparence la plus compacte. Lorsqu'on distingue des particules, on ne sait si ce sont réellement des grains ayant chacun une existence indépendante et une structure particulière, ou si ce sont des apparences résultantes de la division de la masse homogène par des fissures, ou, pour mieux dire, par des glaces extrêmement déliées. Du reste, ces grains réels ou apparens sont dix fois ou vingt fois plus petits que les grains des pâtes lithoïdes; ils ont tous la même couleur dans le même échantillon.

Ils sont blancs ou foiblement nuancés de la teinte des masses, translucides ou demi-transparens dans les pétrosilex; translucides et blancs jaunâtres dans les trapps noirs, verts ou verts noirâtres; demi-transparens et d'un blanc rosé dans le trapp rouge; d'un blanc grisâtre et à peine translucides dans les cornéennes grises ou verdâtres qui blanchissent au feu; blancs grisâtres et opaques dans les cornéennes noires qui conservent leur couleur après avoir été chauffées.

L'excessive finesse de ces grains ne permet pas de les isoler sur le filet de disthène : on ne peut déterminer aucun de leurs caractères.

Leur facile fusion sur le filet de disthène offre des verres bulleux, blancs pour les pétrosilex; d'un vert jaunâtre pour les trapps; tantôt gris, tantôt d'un vert jaunâtre foncé pour les cornéennes.

Dans les produits de fusion, comme dans les pâtes, on voit assez ordinairement des grains noirs, excessivement fins et jamais

assez abondans pour former la centième partie du volume. Ces grains sont facilement fondus et dissous ; ils communiquent constamment une couleur verte. Supposant qu'ils étoient de nature métallique, j'ai fait des tentatives pour les isoler, en traitant différentes variétés, à l'aide de la porphyrisation et du lavage. J'ai en effet recueilli quelque peu de poudre noire, encore mêlée de matières terreuses, en partie attirable, et donnant l'odeur sulfureuse par la calcination.

Ne pouvant réunir une assez grande quantité de ces parties noires attirables pour y chercher l'oxide de titane, j'ai éprouvé les parties métalliques discernables à la vue ou à la loupe, que renferment beaucoup de trapps et de cornéennes. J'ai étendu ces essais aux grünsteins primitifs ou diorites, et aux roches qui ont de l'analogie avec eux, ou qui les accompagnent ordinairement. J'ai notamment essayé le fer oxidulé octaèdre des roches de Corse, celui des roches de la Val-d'Aoste au Mont-Blanc, et de la Val-Sesia au Mont-Rose, et celui des roches qu'on trouve en différens endroits de la Suède. Cet examen chimique m'a démontré qu'il n'existoit de fer titané ni dans les trapps, les cornéennes et les pétrosilex, ni dans les roches primitives accompagnantes.

Les expériences dont je viens de présenter le résumé prouvent, 1°. que si le pétrosilex, qu'on regarde avec raison comme du feld-spath compacte, contient des particules hétérogènes, ces particules échappent par leur ténuité, et n'influent point sur les résultats de fusion ;

2°. Que le pétrosilex diffère essentiellement des pâtes lithoïdes, leucostiniques ou feld-spathiques, soit par l'extrême finesse de son tissu, soit par l'absence des minéraux microscopiques hétérogènes, qui abondent dans ces sortes de laves ;

3°. Que si les trapps et les cornéennes sont des masses compactes composées de particules hétérogènes, comme on s'accorde à le croire, il n'est pas possible, du moins par les moyens que j'ai mis en usage, de constater *directement* quels sont les minéraux élémentaires, et notamment si l'amphibole est fréquemment du nombre ;

4°. Enfin, que la nature et la finesse du tissu intime des trapps et des cornéennes, et l'impossibilité d'assigner leur composition mécanique, ne permettent plus de les confondre avec les pâtes lithoïdes, basaltiques ou pyroxéniques.

Ainsi en rapprochant ces résultats de ceux obtenus dans la première partie de mes observations, il demeure constant, non-seulement que les laves lithoïdes contestées sont analogues aux laves lithoïdes modernes, mais encore que les unes et les autres ne ressemblent point aux roches primitives, intermédiaires ou secondaires, auxquelles on a prétendu jusqu'à présent qu'il falloit les assimiler, ou dont on a pensé qu'elles tiroient leur origine.

Je ne puis me dispenser de faire remarquer l'heureuse coïncidence de ces conclusions avec celles que Dolomieu a déduites de sa belle observation sur les circonstances qui caractérisent le gisement des matières volcaniques incontestables de l'Auvergne et du Vivarais (1). Cette observation, la plus mémorable, la plus importante et surtout la plus avérée de toutes celles qu'on a faites en Géologie depuis trente ans, nous a appris que les matières volcaniques du Vivarais et de l'Auvergne se sont fait jour à travers une contrée qui est toute granitique, sur une étendue de près de quatre cents myriamètres (1600 lieues) carrés. Or Dolomieu en combinant ce grand fait avec l'ensemble des phénomènes produits par les volcans brûlans et les tremblemens de terre, a été conduit à cette conséquence, digne d'une entière attention de la part des géologues, savoir, que le siége des feux souterrains réside par toute la terre sous les couches primordiales que nous regardons comme les plus anciennes; de mon côté, je prouve directement que les laves anciennes et modernes n'ont point d'analogues, non-seulement parmi les roches primordiales, mais encore parmi les roches intermédiaires ou secondaires, notamment celles qui renferment, sous différentes formes et en différentes proportions, des principes inflammables, sulfureux, métalliques ou bitumineux (2).

---

(1) *Voyez* les détails de cette observation, *Journal des Mines*, n°s 41 et 42, vol. VII, pag. 385, et n° 69, vol. XII, pag. 221.

(2) De tous les faux rapprochemens auxquels les ressemblances de coloration, l'uniformité apparente du tissu, les analogies de certains caractères extérieurs, et surtout la présence ou le voisinage d'un principe inflammable quelconque ont donné lieu, le plus accrédité, c'est celui qui conduit à placer les foyers volcaniques dans les plus grandes profondeurs des terrains houillers. Cette opinion a été facilement combattue par plusieurs minéralogistes. J'ai voulu moi-même contribuer à l'infirmer directement, lorsque j'ai publié dans notre *Journal des Mines* (n° 156, vol. XXVI, pag. 401) les observations que j'ai faites avec soin dans les houillères embrasées du pays d'Aubin, département de l'Aveyron, en remplissant dans ce pays mes fonctions d'ingénieur

Ces notions remarquables, sans avoir le même degré de certitude, se prêtent un mutuel appui ; elles sont en harmonie avec tout ce que j'ai encore à exposer. Elles tendent sans doute à nous replacer dans une obscurité profonde à l'égard des matières qui servent d'aliment aux éruptions volcaniques ; mais l'aveu de notre ignorance, motivé sur l'existence d'un ordre de faits positifs absolument nouveau, pourra paroître préférable à des analogies imaginaires, et à des hypothèses dont la stérilité a été jusqu'ici le moindre inconvénient.

CHAPITRE CINQUIÈME.

Examen des Pâtes indéterminées qui composent les Scories volcaniques de tous les âges.

Je comprends sous le nom de pâtes scorifiées, les matières boursoufflées rouges, brunes, jaunes, grises, verdâtres et noires, nommées *scories* par presque tous les minéralogistes ; la pierre ponce ou pumite, la lave vitreuse pumicée et la scorie blanche. La plupart des variétés qui composent cette grande section paroissent inconnues à M. Werner, et n'ont point de place dans sa méthode (1). On ne voit effectivement figurer dans cette

---

du Corps Royal des Mines. Mes expériences sur les pâtes lithoïdes achèvent de faire justice de cette opinion. Il faut convenir qu'elle étoit bien peu soutenable, car elle reposoit implicitement sur des suppositions contraires à deux grandes lois de Physique et de Chimie, celle qui préside à la combustion en général, et celle que suit la propagation de la chaleur dans les corps non métalliques.

(1) Telles sont les ponces vertes et blanches des volcans incontestables, comme celles du cratère qui termine le pic de Ténériffe, et les scories de couleurs foncées, si belles, si fraîches, si parfaitement filées, cordées, tordues et tourmentées, qui alternent ou qui sont disséminées en très-grande quantité au milieu des puissans systèmes volcaniques démantelés qui occupent des espaces si étendus en France, en Italie, en Sicile et dans beaucoup d'autres points de la surface de la terre.

Parmi les caractères nombreux et irrécusables qui attestent l'origine de ces immenses systèmes, il faut noter que les lambeaux de courans lithoïdes qui s'y trouvent inclus *sont constamment accompagnés de leurs croûtes scorifiées inférieures et supérieures*, tantôt intactes, tantôt foiblement altérées dans leur tissu intime, mais non déformées ; tantôt enfin plus ou moins décomposées et affaissées : ce nouveau caractère est général ; je le signale à l'attention des observateurs.

Si on compare, du reste, les très-petits lambeaux basaltiques de la Saxe à ces grands systèmes classiques, on reconnoît que ces lambeaux ne sont qu'un cas tout-

méthode que la scorie volcanique récente et la pierre ponce des formations trappéennes, qui est censée non volcanique.

Considérées sous le point de vue de leur gisement, les pâtes scorifiées appartiennent, soit aux courans de laves de toutes espèces, soit aux déjections incohérentes consolidées ou encore meubles. Les unes enveloppent les courans dans toute leur étendue; elles sont le premier produit de la coagulation, et forment une écorce continue qui est souvent très-épaisse à la surface supérieure de la lave, et quelquefois très-mince (ayant moins d'un centimètre, ou six lignes) à la surface inférieure. Les autres se présentent en fragmens plus ou moins volumineux, tantôt dispersées dans les tufs et les brèches, tantôt amoncelées en couches coniques et concentriques autour des orifices volcaniques, et tantôt entassées sous forme d'assises ordinaires, plus ou moins meubles, et communément mêlées de cendres.

On sait que les laves lithoïdes poreuses ne se conservent pas aussi parfaitement intactes que les laves lithoïdes massives; les pâtes scorifiées sont en général bien plus accessibles que les unes et les autres aux effets de la décomposition. Leur perméabilité les rend facilement altérables. Tantôt elles se résolvent en poudre plus ou moins aride, semblable à la cendre ou thermantide pulvérulente, tantôt elles se changent en une sorte de wacke particulière; elles donnent ainsi deux sortes de produits nouveaux, que j'examinerai chacun en son lieu. Malgré cette facile dispo-

---

à-fait particulier du même genre, que leur isolement, leur très-foible étendue, leur très-mince épaisseur, leur composition simple, la destruction de l'écorce scorifiée supérieure du basalte, et la décomposition très-avancée de l'écorce inférieure, rendent presque anomal. Il faut que M. Werner soit parti de ce cas particulier et de quelques autres cas analogues, lorsqu'il a composé sa formation trappéenne stratiforme (flœtz-trapp), car l'on est forcé de reconnoître que les conditions qu'il en donne sont très-incomplètes et très-imparfaites, lorsqu'on veut en faire l'application aux puissans terrains volcaniques démantelés, situés loin de l'Allemagne, qui appartiennent à l'époque dont ce célèbre minéralogiste a eu intention de caractériser les produits; il manque vraiment un si grand nombre d'élémens essentiels à ces conditions, que dès qu'on essaye de les compléter, en ayant égard aux circonstances classiques dont M. Werner n'a pu tenir compte faute de les connoître, on voit, malgré soi, l'hypothèse d'une formation trappéenne stratiforme générale s'évanouir entièrement. Je n'ai pas besoin de faire remarquer que mes expériences sont des élémens encore plus positifs, quoique d'un autre ordre, qui concourent au même but, et qui tendent en outre à infirmer presque aussi complètement l'hypothèse des formations trappéennes des époques plus reculées.

sition

sition à s'altérer, on les trouve quelquefois intactes dans les terrains volcaniques les plus anciens.

Dolomieu, et plusieurs autres observateurs, ont divisé les pâtes scorifiées colorées en scories pesantes et scories légères, mais sans motiver ces distinctions par des caractères minéralogiques suffisamment tranchés : on verra cependant qu'elles étoient bien fondées.

N'ayant trouvé aucune différence de tissu intime et de composition mécanique entre les pâtes scorifiées intactes appartenant aux quatre époques volcaniques que j'ai précédemment définies, je vais rendre compte de mes expériences sans distinction d'âge. Je rappellerai seulement que, devant les considérer exclusivement sous le point de vue minéralogique, j'en ai étudié la pâte abstraction faite des formes extérieures, des accidens de boursoufflement, des cristaux apparens disséminés, et des fragmens hétérogènes accidentellement enveloppés.

Les pâtes scorifiées fondent en général plus facilement que les pâtes lithoïdes analogues; les caractères de fusion, dont je renvoie le détail dans la table, ainsi que celui des autres expériences, les caractères de fusion, dis-je, établissent deux genres distincts, savoir : celles qui fondent en verres blancs ou légèrement colorés, et celles qui fondent en verres de couleur noire ou d'un vert noirâtre. J'ai trouvé d'ailleurs que la composition mécanique s'accordoit avec les caractères extérieurs, pour subdiviser chaque genre en trois sortes, qui sont, les *scories grumeleuses*, les *scories pesantes* et les *scories légères*.

Les premières ne méritent d'être rangées parmi les pâtes scorifiées qu'à raison des aspérités tranchantes de leurs surfaces naturelles et de leur porosité; elles sont remarquables par l'aspect lithoïde de la matière dont elles sont formées; elles tapissent, soit en partie, soit en entier, les surfaces inférieures et supérieures des courans lithoïdes modernes. On les retrouve accompagnant de même les lambeaux des courans de lave, dans les terrains contestés, partout où elles n'ont pas cédé à la désagrégation et à la décomposition.

Examinées au microscope, elles paroissent entièrement composées de grains ou cristaux, un peu plus fins, mais aussi distincts et aussi faciles à étudier que ceux des pâtes lithoïdes dont elles forment le revêtement; mais ces grains sont imparfaitement entrelacés, échaffaudés en quelque sorte les uns sur

6

les autres, et isolés en partie par des vacuoles nombreuses.

Si on examine leur surface naturelle dans les vacuoles comme dans les cavités bulleuses des masses, on reconnoît qu'ils sont couverts d'un vernis léger, brillant et vitreux; mais cette matière vitreuse, qui paroît ici comme le résidu de la cristallisation précipitée, est en trop petite quantité pour qu'à l'intérieur de la pâte on ne puisse la distinguer d'avec la matière même des grains, entre lesquels on peut présumer qu'elle est interposée. Les grains microscopiques des scories grumeleuses présentent les mêmes minéraux élémentaires, associés dans les mêmes proportions que les pâtes lithoïdes servant de support : tantôt c'est le pyroxène qui domine et tantôt le feld-spath.

Du reste, les caractères des scories grumeleuses perdent de leur netteté au point de contact avec la lave lithoïde massive, ou poreuse congénère; on conçoit facilement qu'il existe une foule de masses qui présentent une structure plus ou moins mixte entre les structures lithoïdes et scoriformes parfaites.

Les formes tourmentées, tordues et filées, des pâtes scorifiées pesantes, dénoncent les causes perturbatrices qui ont agi pendant la coagulation de la matière qui en fait la base. Elles entrent, concurremment avec les scories grumeleuses, dans la composition des revêtemens inférieurs et supérieurs des courans de lave anciens et modernes; quelquefois même elles constituent ces revêtemens en entier. Elles forment en grande partie la masse des déjections incohérentes qui s'accumulent autour des orifices volcaniques.

La pâte qui en fait la base, examinée dans sa cassure, présente un aspect intermédiaire entre l'aspect lithoïde et l'aspect vitreux.

Examinée au microscope, cette pâte paroît composée d'une substance vitreuse continue, dans laquelle sont disséminés des grains blancs, verts ou noirs, semblables à ceux des pâtes lithoïdes. Le volume de ces grains varie entre un vingtième et un cinquantième de millimètre, quelquefois même ils ne figurent que comme des espèces d'ambrions; leur nombre est très-variable; le plus ordinairement ils forment le quart ou le sixième de la masse; lorsqu'ils abondent, la masse passe à la scorie grumeleuse; plus ils sont rares, plus la masse prend l'aspect vitreux. Dans les scories rouges, la majeure partie des grains noirs appartient au fer oligiste; ils sont accompagnés de particules rougeâtres et brunes, excessivement déliées, qu'il faut également

rapporter à ce minéral, soit à cause de leur couleur, soit à cause de la teinte verte qu'ils communiquent par la fusion.

Les éclats de la substance vitreuse élémentaire sont translucides et foiblement colorés de teintes analogues à celles des masses auxquelles ils appartiennent, c'est-à-dire blanches, d'un blanc jaunâtre, blanc rougeâtre, brun rougeâtre, ou vert noirâtre. Sur le filet de disthène ils fondent un peu plus facilement que les grains inclus, et présentent d'ailleurs tous les caractères du verre volcanique.

Les caractères de fusion ne permettent pas de douter que les élémens prochains du feld-spath et du pyroxène ne dominent dans les parties vitreuses des scories pesantes, en proportions analogues à celles des grains microscopiques de l'une ou l'autre espèce qui s'y trouvent disséminés. Cette induction, à laquelle rien ne répugne d'ailleurs, paroîtra tout-à-fait probable lorsque j'aurai traité des verres volcaniques. Elle est en harmonie avec le mode suivant lequel les scories pesantes se lient avec les masses lithoïdes congénères, partout où elles leur sont en contact; en effet, la liaison s'établit par un passage insensible entre les deux espèces de structure intime.

Les pâtes scorifiées légères se trouvent rarement associées aux deux autres sortes dans les revêtemens supérieurs et inférieurs des courans lithoïdes. On les trouve plus communément mêlées en fragmens avec les scories pesantes, dans le voisinage des orifices volcaniques; ou bien elles constituent, sous forme lapillaire, des couches très-étendues. Ce sont elles encore qui composent exclusivement l'écorce des courans absolument vitreux, qu'on observe dans un petit nombre de volcans. Elles jouissent plus spécialement que les deux autres sortes, de la faculté de se conserver intactes, même dans les terrains volcaniques contestés les plus anciens.

Soumises à l'analyse mécanique, elles offrent un tissu uniforme, dont tous les caractères sont analogues à ceux des verres volcaniques de couleurs correspondantes, préalablement réduites en poudre. On reconnoît notamment, que les scories noires opaques ne présentent cet aspect qu'à raison de leur volume: leurs éclats très-minces sont translucides, tantôt d'un brun jaunâtre, tantôt d'un vert bouteille. Les fibres de la scorie blanche, ou pierre ponce, ressemblent à des filamens de verre blanc ordinaire, droits ou contournés, cannelés ou cylindriques. La ténuité

de ceux qui sont parfaitement soyeux passe souvent un cinquantième de millimètre.

Les différentes pâtes de scorie légère renferment des grains noirs de fer titané et des rudimens rares de feld-spath ou de pyroxène, auxquels s'associent l'amphigène et le péridot; par leur présence, ces minéraux sont comme les derniers témoins qui servent à prouver la nature des combinaisons chimiques dont les pâtes scorifiées légères contiennent les élémens prochains, et quels eussent été les produits dominans de l'agrégation régulière, si elle l'avoit emporté sur l'agrégation vitreuse.

La notion minéralogique de chaque sorte de scorie est facile à déduire de ces observations; mais on voit que leur place, dans les méthodes, ne peut être assignée que par convention, à la suite, soit du pyroxène, soit du feld-spath. Quant à la nomenclature, je réunis sous le nom de *pumite* les scories feld-spathiques, c'est-à-dire qui fondent en verre blanc ou légèrement verdâtre, et je conserve le nom de *scorie* proprement dite, aux sortes pyroxéniques, c'est-à-dire qui fondent en verres ou émaux noirs, ou d'un vert foncé. Les modifications du tissu et de la composition mécanique marquent trois subdivisions naturelles, soit pour la *scorie*, soit pour la *pumite* : ce sont celles que j'ai employées ci-dessus. Des variétés nombreuses seront aisément désignées, en prenant en considération les accidens de forme et de boursoufflement.

Considérées géologiquement, les différentes variétés de *scorie* et de *pumite* peuvent être définies comme des produits mixtes de l'agrégation régulière et de l'agrégation vitreuse, ayant agi simultanément pendant le refroidissement de la matière des laves; produits qui, indépendamment d'une substance vitreuse dont la nature est présumée d'après de très-grandes probabilités, renferment des minéraux microscopiques plus ou moins abondans, qui appartiennent à des espèces déterminées et de même nature que celles dont les pâtes lithoïdes sont entièrement formées. En d'autres termes, la pâte qui compose la pumite et la scorie est tantôt un granite microscopique criblé d'un grand nombre de vacuoles et mélangé d'un peu de verre, tantôt un porphyre microscopique à base de verre boursoufflé, tantôt un verre ou émail mêlé de cristaux microscopiques assez rares et rempli de cavités très-déliées.

Ces définitions de la structure intime et de la composition mécanique des différentes variétés de la scorie et de la pumite

paroîtront à peine remarquables à raison de leur extrême simplicité; mais les applications sont importantes; j'en choisis l'exemple suivant à cause de l'intérêt plus général qu'il peut offrir.

Les voyageurs qui ont visité les volcans brûlans ont été frappés de la stérilité invincible de certains courans de lave qui datent des temps historiques les plus reculés. Ils se sont étonnés de voir en même temps des courans, pour ainsi dire modernes, parés de la plus riche végétation; malgré tout ce que ce phénomène a de singulier, personne n'en a donné l'explication; je crois pouvoir la trouver dans la différence qui doit exister entre le tissu intime des croûtes scorifiées superficielles. Je puis citer, à ce sujet, l'état actuel de la surface du superbe courant basaltique de 1705 à Ténériffe; c'est une scorie grumeleuse proprement dite qui compose l'écorce supérieure de ce courant; elle est déjà en partie désagrégée et décomposée, et la végétation spontanée commence à envahir ses débris. On conçoit en effet, que des masses formées de parties hétérogènes très-fines, criblées d'un grand nombre de vacuoles, et renfermant en abondance la substance le plus facilement altérable de tous les terrains, c'est-à-dire le feld-spath, puissent tomber en poudre et se résoudre en terre végétale beaucoup plus promptement que des croûtes presque entièrement vitreuses, sur la matière desquelles les agens atmosphériques ont nécessairement peu de prise et peu d'action.

CHAPITRE SIXIÈME.

Examen des Pâtes indéterminées qui composent les Laves vitreuses de tous les âges.

Sous le nom de verres volcaniques, je confonds les laves vitreuses de Dolomieu, une grande partie de celles de M. Haüy, les laves vitreuses fontiformes, théphriniques et pétrosiliceuses de M. Delamétherie; l'obsidienne de M. Werner, quelques variétés de la base de son pechstein porphyrique, qui ne contient pas de quartz, le perlstein; enfin les obsidiennes rouges smalloïdes, que Depuch et moi avons trouvées à Ténériffe.

De toutes les bases indéterminées, ce sont les verres volcaniques qui se représentent avec les traits de l'identité la plus parfaite, dans les terrains volcaniques de tous les âges; l'imperméabilité du tissu intime rend un grand nombre de variétés presque inaltérables.

A ne consulter que les préjugés anciens, on devroit croire que

les laves vitreuses occupent une place très-étendue parmi les roches volcaniques, mais il n'en est pas ainsi. Elles sont rares, même dans les volcans brûlans. On les trouve plutôt en fragmens parmi les déjections incohérentes, que composant des courans entiers. On sait que les plus beaux gisemens sous cette dernière forme sont à Ténériffe, et qu'ils proviennent des éruptions modernes qui ont élevé le mamelon du pic. Ce mamelon luimême est exclusivement composé d'obsidienne porphyrique et de pumite (1).

On pourra voir, dans la table de mes expériences, que je n'ai point confondu les verres volcaniques avec les substances d'apparence vitreuse ou piciforme, désignées sous les noms de *rétinite*, *pechstein* ou *gœstein*. Il paroît, d'après les expériences de M. Sage, que ces substances contiennent de l'eau en très-grande quantité; en outre, elles renferment souvent du quartz disséminé en grains très-apparens. On les trouve en un très-petit nombre de localités, où leur gisement n'a rien d'avéré. Je n'ai pas cru devoir en faire l'objet d'un examen comparatif.

Quelle que soit l'opacité ou la translucidité des verres volcaniques, leur couleur rouge, brune, noire, verte, grise ou blanche, et leur tissu plus ou moins uniforme, ils fondent tous, soit en verre blanc ou légèrement coloré, soit en verre noirâtre foncé, ce qui les partage en deux genres distincts.

Les caractères extérieurs, ainsi que l'analyse mécanique, subdivisent chacun de ces deux genres en trois sortes, savoir : les *verres imparfaits*, les *verres smalloïdes* et les *verres parfaits*.

Les premiers, qu'on pourroit aussi bien nommer *pâtes lithoïdes imparfaites.*, à raison de leur aspect demi-vitreux, sou-

---

(1) A cette occasion, je ne puis me dispenser de relever une des plus singulières méprises dans lesquelles l'hypothèse des formations trappéennes ait entraîné une partie des minéralogistes du Nord. Reuss, après avoir supposé avec M. Werner, que presque toutes les ponces ont une origine dite aqueuse, et que l'obsidienne porphyrique est une roche primitive, embarrassé de citer une localité où le gisement de cette prétendue roche primitive fût avéré, s'est décidé à donner comme exemple le pic de Ténériffe. Certes, lorsque Wallerius et Bergmann ont élevé des doutes sur l'origine des roches basaltiques anomales, ils ne prévoyoient guère qu'on pousseroit un jour l'incrédulité systématique jusqu'à méconnoître l'origine des laves qui forment la bordure immédiate des orifices volcaniques encore fumans, et qui en sont les produits les plus incontestables.

mis au microscope, s'y présentent formés d'une matière vitreuse dans laquelle sont disséminés des rudimens plus ou moins complets de cristaux, ou grains microscopiques. Ces grains, de mêmes couleurs et de la même nature que ceux des pâtes lithoïdes, l'amphibole et le fer oligiste exceptés, ont ordinairement le même volume. Ceux qui sont colorés se distinguent très-nettement; mais il faut de l'attention pour ne pas confondre les autres avec la pâte vitreuse, lorsque celle-ci est réduite en très-petits éclats.

Les verres volcaniques parfaits exposés au microscope, y conservent l'uniformité apparente de leur tissu. On y aperçoit seulement quelques grains très-rares de fer titané; les verres smalloïdes ou piciformes ne diffèrent des premiers que par l'intensité de leurs couleurs et de leur opacité; réduits en fragmens très-minces, ils deviennent translucides et affectent des couleurs claires. Les très-petits éclats translucides et incolores qu'on obtient en brisant un assez grand nombre de variétés de l'une et l'autre sorte, ne présentent jamais la transparence cristalline des fragmens de feld-spath, et les modifications régulières de leur cassure. Ils fondent un peu plus facilement; du reste, il faut du soin pour ne pas se méprendre au premier aspect.

Je ferai remarquer maintenant, que dans les sortes qui fondent en verre blanc ou légèrement verdâtre, on trouve souvent des cristaux apparens à la vue simple, de feld-spath et rarement de mica; on y rencontre aussi, mais comme accidentellement, les autres minéraux volcaniques; c'est au contraire le pyroxène accompagné du péridot, qui donnent l'aspect porphyrique aux sortes qui fondent en verre de couleur très-foncée.

On conçoit que, d'après la composition mécanique des pâtes vitreuses imparfaites, il doit exister une foule de variétés intermédiaires, dont le tissu s'approche plus ou moins, soit de la structure tout-à-fait lithoïde, soit de la structure entièrement vitreuse, suivant l'abondance ou la rareté des cristaux microscopiques disséminés. C'est effectivement ce qu'on verroit dans une collection nombreuse et bien faite de ces produits. La nature réunit quelquefois dans le même bloc de lave, ancienne ou moderne, ces trois structures d'apparence si différente, se confondant insensiblement l'une avec l'autre à leurs points de contact. Ce fait important, si commun au contact des pâtes scorifiées avec les pâtes lithoïdes, mais qui s'y trouve masqué par les apparences dues à l'abondance des vacuoles microscopiques et à l'extrême boursoufflement, est encore peu connu. J'ai été

assez heureux pour en découvrir deux exemples, aussi remarquables par l'étendue qu'ils occupent, que par la nature des pâtes composantes, en deux localités des volcans éteints incontestables, de l'Auvergne et du Vivarais; localités dont je donnerai la monographie dans un Mémoire particulier.

Il y a long-temps que les résultats de l'analyse chimique et de la fusion, la comparaison des pesanteurs spécifiques et l'étude des caractères empiriques, ont porté les minéralogistes à présumer que les pâtes vitreuses qui fondent en verre blanc contenoient les élémens prochains du feld-spath; opinion qui devient tout-à-fait probable d'après mes expériences; mais il y a peu de temps que l'on connoît les pâtes vitreuses fondant en verre noir. C'est à M. Delamétherie et à M. de Drée qu'on en doit les premières annonces; on peut dire que ces dernières sortes auroient manqué à la série méthodique des pâtes volcaniques; à l'avenir elles joueront un rôle remarquable. En effet, les deux exemples de passages immédiats dont j'ai annoncé ci-dessus la découverte, présentent *la transition parfaite du verre noir au basalte le plus dense et de l'origine la plus incontestable.*

On voit, d'après ces données, que les notions minéralogiques et géologiques qu'on doit admettre désormais à l'égard des verres volcaniques, sont analogues à celles qui caractérisent les pâtes scorifiées légères, pesantes et grumeleuses; à la vérité les apparences produites, soit par l'absence ou l'abondance des vacuoles microscopiques, soit par l'extrême boursoufflement, soit par les formes extérieures des masses, soit par l'opacité ou la transparence de la matière vitreuse, défigurent singulièrement les verres volcaniques dans la scorie et la pumite; mais la composition mécanique des uns et des autres offre tous les caractères de l'identité.

Les verres volcaniques sont donc ou pyroxéniques, ou feld-spathiques, à la manière des pâtes scorifiées. Ils ne peuvent avoir, dans les méthodes minéralogiques, que des places de convention, à la suite, soit du feld-spath, soit du pyroxène. Quant à la nomenclature, je conserve le nom d'*obsidienne* aux sortes qui fondent en verre blanc ou légèrement coloré, et je donne le nom de *gallinace* aux sortes pyroxéniques, c'est-à-dire qui fondent en verres ou émaux d'une couleur noire, ou vert noirâtre foncé. Les distinctions de parfaite, de smalloïde et d'imparfaite, partageront la gallinace et l'obsidienne chacune en trois subdivisions naturelles. Les variétés principales seront facilement établies d'après les accidens de forme, d'éclat et d'opacité.

Je

Je terminerai ce que j'avois à dire sur les différens produits de la coagulation de la matière des laves que j'ai examinées jusqu'ici, en faisant remarquer que mes résultats jettent un jour tout-à-fait nouveau sur les expériences qu'on a tentées il y a déjà quelques années, en soumettant à la fusion artificielle, et à des refroidissemens gradués, plusieurs substances, soit volcaniques, soit non volcaniques, douées du tissu compact ou terreux.

D'après mes observations, on peut maintenant discerner très-clairement ce qui a manqué aux belles expériences de M. Hall pour en rendre les conséquences absolues. On voit qu'il eût fallu, avant toute chose, que M. Hall eût défini la structure intime et la composition mécanique des substances qu'il a employées, celles des cristallites qu'il a obtenues.

Les mêmes lacunes se trouvent dans les expériences ingénieuses tentées par M. de Drée, dans l'intention de prouver que la fusion artificielle des trapps et des cornéennes pouvoit produire des laves basaltiques.

Voici donc comment je crois être autorisé à marquer l'état actuel de cette partie de nos connoissances. On peut bien assurer que certaines substances douées du tissu terreux ou compacte (quelle que soit d'ailleurs leur origine) peuvent, après avoir été artificiellement fondues, se solidifier à la manière des laves incandescentes, tantôt avec la contexture vitreuse, tantôt avec la contexture lithoïde, et tantôt avec une contexture mixte; mais il reste à démontrer, qu'en cas d'agrégation régulière ou lithoïde, l'art reproduit bien réellement, dans les cristallites obtenues, les minéraux microscopiques dont se composoient, ou sont censées se composer les masses compactes ou terreuses mises en expérience. Quant aux laves lithoïdes en particulier, comme leurs minéraux élémentaires sont très-différemment fusibles, et souvent presque infusibles, il est évident qu'essayer de les réagréger après la fusion, c'est, à quelques différences près, vouloir refaire du granite ordinaire.

Je suis bien loin, au reste, d'avoir intention de diminuer, par ces considérations, le mérite des expériences de M. de Drée et de M. Hall. Ces observateurs ont, ainsi que M. Fleuriau de Bellevue, M. Watt, M. Dartigues, M. Fourmi et Spallanzani, qui ont fait des recherches analogues, ouvert un nouveau champ à la Chimie, en démontrant que son pouvoir pour créer

des *minéraux artificiels* (1) par la voie sèche, s'étendoit aussi aux combinaisons des principes terreux ; ils ont enrichi la science géologique d'une source d'analogies nouvelles, qui ont aidé à concevoir, jusqu'à un certain point, les différens effets de la coagulation des laves, bien qu'on ne fît entrer en considération que la simple influence du mode de refroidissement, et la notion très-imparfaite de leur nature et de leur état d'agrégation. Maintenant que mes expériences définissent rigoureusement, non-seulement ce qu'il s'agissoit d'expliquer, c'est-à-dire l'état d'agrégation, mais encore ce qu'on n'expliquoit pas faute de s'en être rendu compte, c'est-à-dire la composition mécanique, on pourra plus facilement chercher à rendre les analogies plus exactes, en faisant des expériences plus directes et combinées de manière à ce que les résultats puissent satisfaire aux conditions désormais bien connues du phénomène; mais

(1) De quelque manière que la Chimie agrège les corps simples et les combinaisons diverses qu'elle obtient en décomposant les substances minérales naturelles, les produits solides obtenus seroient plus nettement définis par le nom de *minéraux artificiels*, que par celui de *produits chimiques*. Un grand nombre de ces minéraux, que j'appelle donc *artificiels*, ne peuvent être agrégés sous forme de corps solides que par la voie sèche, c'est-à-dire par la simple soustraction d'une certaine quantité de chaleur acquise, tels sont les métaux, plusieurs oxides, et beaucoup de sels volatiles. D'autres n'obéissent à l'agrégation régulière que par la soustraction d'un liquide interposé, condition à laquelle il faut ajouter, en beaucoup de cas, la soustraction d'une certaine température acquise ; tels sont les sels solubles. Quant aux sels insolubles et aux combinaisons terreuses, on ne les obtient que sous forme de particules indiscernables, tantôt pulvérulentes, tantôt foiblement adhérentes, tantôt confusément agrégées à l'état de verre ou d'émaux. Jusqu'à présent les efforts de la Chimie ont été vains pour donner à ces minéraux artificiels vitreux, friables ou pulvérulens, l'existence de corps régulièrement agrégés, c'est-à-dire pour en faire des cristaux. Elle n'échoue pas moins, lorsqu'après avoir dissous les élémens des substances pierreuses naturelles, elle veut les réagréger sous leur forme première, ou simplement avec leur tissu cristallisé originaire. Son impuissance est d'autant plus remarquable, qu'elle opère facilement la réagrégation régulière d'un grand nombre de minéraux naturels, métalliques, salins ou sulfureux. On ne doit donc pas s'étonner de la grande importance qu'on a attachée à la découverte de plusieurs combinaisons terreuses cristallisées au milieu des produits vitreux des fours à chaux, des verreries et des foyers de forge. M. Fleuriau de Bellevue est le premier et le seul savant qui se soit occupé du soin de déterminer les caractères spécifiques de cette classe encore peu nombreuse de minéraux artificiels. Ses recherches à ce sujet, et les analogies qu'il en a déduites, offrent un puissant intérêt, et se trouvent consignées dans un grand Mémoire imprimé au *Journal de Physique*, 1805, tome LX, pag. 409.

pour obtenir de tels résultats, il faudra sans doute inventer des procédés nouveaux; il me semble, du moins, qu'il seroit préliminairement convenable d'étudier et de déterminer avec exactitude la nature et le rôle, non-seulement des substances volatiles qui s'exhalent pendant le refroidissement des laves, mais encore des matières salines qui se séparent et se concrètent, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des courans, et que les premières eaux filtrantes dérobent si promptement à l'observateur: ces recherches paroissent indispensables à beaucoup d'autres égards; le moindre succès qu'on obtiendroit en s'y livrant auroit d'autant plus de prix pour la science, que les difficultés à vaincre sont très-grandes, et que les hommes les plus habiles y ont échoué jusqu'à présent.

CHAPITRE SEPTIÈME.

Examen des Cendres volcaniques ou thermantides pulvérulentes de tous les âges.

Les substances pulvérulentes que je désigne sous le nom de *cendres volcaniques*, ont été ainsi nommées par la plupart des minéralogistes; M. Haüy en fait une variété de ses thermantides; M. Werner réduit le nom de cendres volcaniques aux produits pulvérulens des éruptions historiques, ignorant probablement qu'il existe des matières identiquement semblables, soit dans les couches formées par les volcans éteints incontestables, soit dans les grands systèmes classiques de terrains volcaniques démantelés; ce célèbre minéralogiste n'a donné aucune place à ces matières dans sa nomenclature et sa méthode.

Les cendres volcaniques composent, avec les sables, les graviers et les fragmens variés fournis par les projections incohérentes, plus de la moitié des produits rejetés par les éruptions. Tantôt elles se trouvent disséminées dans les amas ou lits formés de ces fragmens, de ces graviers et de ces sables; tantôt elles composent exclusivement des couches très-étendues. Je range aussi parmi les cendres, les matières pulvérulentes qu'on observe très-souvent mélangées avec les croûtes scorifiées grumeleuses des courans lithoïdes. Je ne saurois décider si ces dernières matières pulvérulentes sont contemporaines à la coagulation des courans, et si elles ont été produites par l'effet d'un extrême boursoufflement de la lave composante, ou bien si elles sont un premier résultat de la désagrégation lente des croûtes scorifiées, comme cela paroît au reste probable en beaucoup de cas. Ce que j'ai reconnu,

c'est que leur aridité jointe aux autres caractères, ne permet pas de les distinguer des cendres de projection.

De tous les produits rejetés par les volcans, ce sont les cendres qui reçoivent les plus promptes altérations; on en a de beaux exemples dans les fouilles de Pompeii et d'Herculanum; malgré cette facilité à s'altérer, on les retrouve quelquefois intactes jusque dans les terrains volcaniques contestés très-anciens; je ne traiterai ici que de celles dont la parfaite conservation n'est pas douteuse.

Elles sont aussi curieuses à examiner au microscope que faciles à définir. On reconnoît sans peine qu'elles sont formées de particules hétérogènes très-distinctes, et que les nuances si variées de leurs caractères extérieurs, proviennent des analogies que ces particules peuvent avoir avec les substances élémentaires qui entrent dans la composition des pâtes lithoïdes, vitreuses ou scorifiées; elles en contiennent en effet tous les principes désagrégés ou réduits en poudre; mais il s'en faut de beaucoup que les mélanges soient infinis : non-seulement ces mélanges paroissent constans dans une même couche, mais ils se reproduisent fréquemment dans des couches différentes. Quels que soient, au reste, le mode d'association, la localité et l'âge des couches, l'identité des substances minérales élémentaires qu'on trouve dans les unes comme dans les autres, est si frappante, que je n'en rapporterai qu'un petit nombre d'exemples dans la Table générale de mes expériences.

Pour faire l'analyse rigoureuse et complète des cendres volcaniques, il est indispensable de lotir préalablement les particules composantes, suivant l'ordre des volumes, à l'aide de lavages. On reconnoît, au moyen de cette opération, que la majeure partie des grains composans ont une grosseur variable entre un trentième et un cinquantième de millimètre; la grosseur peut s'élever à plus d'un dixième de millimètre, ou diminuer jusqu'au-delà d'un centième. Ces variations permettent de déterminer plus facilement la nature des substances minérales élémentaires. Les espèces les plus abondantes sont, le feld-spath, le pyroxène, la gallinace (ou verre pyroxénique) et l'obsidienne (ou verre feld-spathique), ensuite le péridot, l'amphigène, et très-rarement le mica et l'amphibole. Le fer titané s'y rencontre constamment avec ses propriétés extrêmement saillantes. En outre, parmi les grains les moins fins, on observe des fragmens entiers, soit de pâtes scorifiées, soit de pâtes lithoïdes.

Si on étudie les caractères extérieurs des principaux mélanges,

on les voit s'accorder avec les résultats de l'analyse mécanique, c'est-à-dire avec la prédominance des quatre espèces de substances composantes que j'ai nommées les premières. Quant au caractère essentiel, celui qui se tire de la fusion, on ne peut l'apprécier convenablement que de la manière suivante. Il faut d'abord purger la cendre des parties attirables, la porphyriser, en fixer la poussière, soit sur le filet de disthène ou sur le charbon, et puis déterminer les propriétés du bouton vitreux obtenu au premier coup de feu. Ainsi essayées, les cendres se partagent en deux genres très-distincts, celles qui fondent en verre blanc rarement piqué de points verts, et celles qui fondent en verres ou émaux de couleur noire, ou d'un vert noirâtre plus ou moins foncé. Chacun de ces deux genres se subdivise naturellement en trois sortes, suivant que le mélange abonde, soit en cristaux microscopiques, soit en parties vitreuses, ou bien qu'il en renferme des quantités à peu près égales.

D'après ces données, les cendres volcaniques peuvent être minéralogiquement définies, savoir : les unes comme du feld-spath pulvérulent, ou du verre feld-spatique en poudre, mêlé d'une très-petite quantité de particules hétérogènes déterminées ; les autres, comme du pyroxène pulvérulent, ou du verre pyroxénique en poudre, mélangé d'une très-grande quantité de particules hétérogènes connues. Ce n'est donc que par convention qu'on peut leur assigner une place dans la méthode. La dénomination de thermantide pulvérulente tenant à des considérations géologiques, étrangères au nouveau point de vue sous lequel j'estime que les cendres doivent être envisagées désormais, je crois qu'il est convenable de la réserver à des applications plus conformes à son étymologie; en conséquence je donne le nom de *cinérite* à la cendre pyroxénique, et celui de *spodite* à la cendre feld-spathique. Je partage la spodite et la cinérite en trois subdivisions fondées sur la composition mécanique, et qui sont pour chacune, la vitreuse, la semi-vitreuse et la cristallifère : les couleurs serviront à établir les variétés principales.

Sous le rapport de la définition géologique, les cinérites et les spodites doivent être regardées comme des sables microscopiques hétérogènes, formés des mêmes espèces de minéraux élémentaires que les pâtes lithoïdes, vitreuses ou scorifiées, et présentant des associations à peu près semblables, au milieu desquelles les caractères de fusion indiquent assez nettement la prédominance des parties feld-spathiques ou pyroxéniques. Du

reste, je n'ai pas besoin d'insister pour faire sentir qu'il doit exister un assez grand nombre de sous-variétés intermédiaires, soit entre les différentes variétés de spodite et de cinérite, soit entre ces mêmes variétés et les sables des déjections incohérentes.

J'avois pensé que je trouverois les débris des roches traversées par les éruptions, plus abondamment répandus dans les matières pulvérulentes que dans les autres produits des projections incohérentes; mais j'ai eu lieu de reconnoître que je m'étois trompé, et ceci est remarquable rélativement à la question des *percées* volcaniques. Cette partie accessoire de mes recherches avoit un second but. En certaines localités, on trouve des fragmens projetés, qui, sous le rapport de la composition et de la contexture, n'ont d'analogues rigoureusement correspondans dans aucun terrain, mais qui se rapprochent tantôt des roches primitives granitiques, tantôt des roches volcaniques granitoïdes ou porphyriques. Ces fragmens accidentels sont en grande partie composés de minéraux volcaniques; mais de plus, on y observe, ainsi que dans les sables formés de leurs débris, plusieurs substances particulières en petits cristaux souvent entiers. On remarque encore dans les fissures et les boursoufflures de certaines laves lithoïdes, différentes substances cristallisées particulières, qui paroissent contemporaines à la coagulation, à raison de ce qu'elles s'étendent à quelque distance dans l'intérieur de la pâte; parmi tous ces minéraux accidentels, les uns sont connus depuis longtemps, parce qu'ils ont un volume assez notable; les autres, beaucoup plus rares, ont été successivement trouvés ou décrits par MM. Fleuriau de Bellevue (1), Thompson, l'abbé Gismondi,

---

(1) M. Fleuriau de Bellevue, dans un Mémoire imprimé il y a seize ans au *Journal de Physique*, tome LI, a développé des recherches très-délicates et très-heureuses, faites par lui sur plusieurs de ces minéraux ainsi que sur la gangue de ceux qu'on trouve à *Capo di Bove*, dans les Etats romains. Cette gangue, d'après mes résultats, se trouve au nombre des pâtes lithoïdes de composition anomale; mais cette circonstance n'ôte rien au mérite des probabilités générales que M. Fleuriau de Bellevue a déduites de son examen. En effet, cet habile observateur a soutenu que les cristaux apparens à la vue simple dans les produits volcaniques, devoient être le premier résultat de la coagulation; qu'il étoit indispensable d'examiner les très-petits cristaux disséminés dans beaucoup de roches nommées vaguement *cornéenne*, *basalte* et *wacke*, lesquelles comprennent, suivant lui, tantôt des agrégés, tantôt des mélanges dans toutes sortes de combinaisons; et qu'on ne parviendroit à bien classer

Néergaard, Grasset, Mouteiro et Nose; ces derniers, quoique d'un très-petit volume, sont encore apparens à la vue simple, et n'ont guère moins d'un millimètre de longueur; on leur donne communément (ainsi qu'à beaucoup d'autres cristaux d'un petit volume étrangers aux volcans) l'épithète de microscopiques ; mais cette épithète ne sauroit plus leur appartenir, puisque leurs diamètres sont au moins vingt ou trente fois plus considérables que ceux des cristaux élémentaires des pâtes lithoïdes. Du reste, je n'ai trouvé aucune trace de ces minéraux accidentels dans les variétés de cendres que j'ai examinées. J'estime qu'en général ils doivent y être aussi excessivement rares que dans les pâtes lithoïdes elles-mêmes.

Je ne tirerai aucune conséquence de la corrélation remarquable qui existe entre la composition mécanique des cendres et celle des produits lithoïdes, vitreux et scorifiés de tous les âges, pour essayer d'expliquer la manière dont elles se forment. Ce problème reste à résoudre : les données m'en paroissent extrêmement compliquées, et encore trop imparfaitement connues. Mes résultats prouvent seulement que la presque totalité des cendres de chaque éruption se forme incontestablement aux dépens de la lave incandescente arrivant des entrailles de la terre, et que les couches volcaniques ou non volcaniques traversées, n'en fournissent qu'une très-foible portion; mais dans leur production, quelle part doit-on attribuer à l'excessive incandescence, à la vaporisation, à l'extrême boursoufflement, au refroidissement plus ou moins précipité et à la trituration? C'est ce qu'il sera bien difficile de déterminer d'une manière satisfaisante. Je me contente d'avoir défini ce qu'il y a de plus positif dans les formations volcaniques pulvérulentes, c'est-à-dire les élémens minéralogiques dont elles sont composées.

Jusqu'ici j'ai traité des substances volcaniques dites *en masse*, en les prenant telles qu'elles se présentent dans les terrains de tous les âges, lorsqu'elles n'ont subi aucune altération. Je vais passer en revue celles de ces substances que le temps, aidé de divers agens, a modifiées dans leur texture intime et leur composition mécanique : cet examen, qui sera rapide, exige que je développe quelques considérations préliminaires.

---

ces roches, qu'autant qu'on observeroit séparément chaque partie de celles qui se présentent à l'état d'agrégation cristalline.

CHAPITRE HUITIÈME.

Considérations préliminaires à l'examen des Tufs et des Wackes volcaniques de toute espèce.

A peine les matières volcaniques de notre âge sont-elles rejetées, qu'elles commencent à éprouver des altérations plus ou moins générales. Ces altérations sont très-sensibles dans les produits des plus anciennes éruptions dont l'histoire ait conservé le souvenir; leur intensité augmente, soit dans les produits des volcans brûlans antérieurs aux temps historiques, soit dans les produits des volcans éteints incontestables. On les voit plus fréquentes et plus avancées dans les grands systèmes de terrains volcaniques démantelés dont l'origine est foiblement contestée; elles sont souvent complètes et ont en quelque sorte atteint leur limite dans les terrains volcaniques extrêmement anciens, dont un assez grand nombre de minéralogistes méconnoissent l'origine.

Les causes principales de ces altérations sont faciles à imaginer, dans des masses aussi perméables que les couches volcaniques. C'est le lessivage des substances salines dont elles pouvaient être pénétrées ou recouvertes après la coagulation; c'est leur macération générale par les abondantes filtrations qui les abreuvent continuellement; c'est la circulation de toutes les molécules chimiques mises en liberté par suite des différentes actions auxquelles elles sont soumises; c'est le tassement, la décomposition et la conglomération opérés par les matières infiltrées, pour les couches pulvérulentes; c'est la désagrégation, la décomposition, la pression souvent énorme des masses supérieures, et le remplissage des boursoufflures et des vacuoles microscopiques, par un grand nombre de substances infiltrées et concrétionnées, pour toutes les pâtes scorifiées ou poreuses, et même pour une partie des couches lithoïdes ou vitreuses qui jouissent du tissu le plus serré.

Des causes analogues agissent avec plus d'énergie sans doute sur les matières volcaniques ensevelies dans les eaux de la mer, soit de temps immémorial, soit par les volcans brûlans qui en sont voisins, soit par le petit nombre de volcans brûlans sous-marins que nous connoissons, et peut-être aussi par ceux que nous ne connoissons pas. Mais à ces causes il faut ajouter la présence et l'action des substances dissoutes ou suspendues dans

les eaux salées, suivant leur profondeur, et l'excessive pression que la masse de ces eaux doit exercer dans tous les sens, en vertu des lois de l'hydrostatique; pression capable de vaincre, en beaucoup de cas, les obstacles opposés par la porosité la plus déliée. Les effets de ces causes réunies ne peuvent être que présumés; mais ces présomptions, rapprochées des conditions qui caractérisent l'état actuel des plus anciens lambeaux volcaniques qu'on trouve épars à la surface des continens, se montrent en harmonie avec les altérations singulières qu'on y observe et les circonstances accessoires de leur gisement.

Ces lambeaux, tantôt antérieurs, tantôt intercalés et tantôt superposés, soit aux terrains intermédiaires, soit aux terrains secondaires, soit aux terrains tertiaires, ont, à tous égards, suivi le sort de ces terrains (1) : par exemple, on les voit quelquefois participer aux dérangemens de stratification; du moins c'est ce qu'on doit raisonnablement supposer, lorsque les couches qui les composent se présentent avec des inclinaisons trop rapides pour qu'on puisse les croire originaires. Mais en outre, depuis que ces lambeaux subsistent, d'autres actions très-générales se sont exercées dans les terrains adjacens; c'est ainsi que les couches argileuses de plusieurs époques se sont consolidées; que les grès, les pouddingues et les brèches de toute espèce ont été cimentés par des sucs pierreux interposés; que les dépouilles des corps marins renfermés dans les pierres calcaires ont été remplacées par du carbonate de chaux spathique, du silex ou des pyrites, qui en ont pris les formes; qu'une foule de débris de végétaux enfouis, ont été déformés par la pression, chimiquement dénaturés et quelquefois même remplacés par différentes substances minérales; qu'une infinité de fissures et de fentes plus ou moins considérables ont été ressoudées par des infiltrations généralement calcaires ou quartzeuses; enfin que toutes les couches de la croûte du globe qu'on peut supposer avoir été formées ou

(1) Le mot *volcan* est encore une de ces expressions génériques bannales dont on a singulièrement abusé par suite de la pauvreté du langage géologique. Il a été un temps où tout lambeau volcanique étoit appelé volcan; on considéroit comme un édifice complet d'éruption, le témoin presque méconnoissable de la ruine de l'édifice. On cherchoit des cratères là où le mobile appareil de la volcanicité a été démantelé, souvent même effacé presqu'en entier, par les grandes révolutions diluviennes auxquelles il faut attribuer la création des terrains intermédiaires, secondaires et tertiaires, ou tout au moins le dessin des formes actuelles que présente le relief des continens.

déposées par les eaux de la mer, ont été si complètement dessalées (1), du moins en apparence, que personne n'a encore eu la pensée d'y rechercher les dernières traces du muriate de soude et du muriate de magnésie.

D'après cette esquisse des causes qui ont pu agir sur les plus anciens lambeaux volcaniques et les terrains adjacens, on pourroit croire que ces lambeaux doivent présenter des résultats d'altération très-différens de ceux qu'on observe dans les matières volcaniques beaucoup plus récentes; mais il n'en est point ainsi, surtout quant à la composition mécanique et au tissu intime. C'est l'intensité des effets qui varie plutôt que leur nature. Par exemple, les plus anciennes matières volcaniques contiennent en général des concrétions infiltrées plus abondantes, et les influences du tassement et de l'affaissement s'y montrent beaucoup plus fréquentes et beaucoup plus considérables.

Rien de plus variable, au reste, que la marche et la combinaison des altérations de tout genre, non-seulement dans les formations volcaniques des différens âges, mais encore dans les systèmes d'une même époque, mais dans chaque système en particulier. Souvent dans le même système on voit des produits plus ou moins fortement attaqués, plus ou moins diversement altérés, recouvrir des couches parfaitement intactes, ou bien alterner avec elles. C'est ainsi que des tufs endurcis reposent sur des lits de scories lapillaires incohérentes, que des laves leucostiniques granulaires sont changées en wacke grise, tandis que leurs croûtes scorifiées vitreuses conservent jusqu'à leurs formes originaires, et que sous des wackes brunes amygdaloïdes, on observe des nappes basaltiques poreuses aussi fraîches et aussi peu traitables que si elles étoient coulées depuis un petit nombre de siècles.

---

(1) On ne trouve que de l'eau douce, quelque part que l'on creuse dans les parties solides de l'écorce du globe. La nature des principes dissous dans les eaux saumâtres des grandes plaines sablonneuses de l'Asie et de l'Afrique, n'est pas encore bien connue; on sait seulement que les lagunes et les lacs salifères tiennent en dissolution des substances très-variées. Parmi les sources minérales salines ou gazeuses, celles dans lesquelles le muriate de soude domine, sont les plus rares et contiennent en même temps des principes variables tout-à-fait étrangers à la salure uniformément composée des eaux de la mer. D'un autre côté, la nature et le mélange des ingrédiens dissous, soit dans les eaux de la mer, soit dans les sources minérales, soit dans les lacs et les lagunes, contrastent avec la composition des roches de muriate de soude natif, qui entrent dans la constitution de plusieurs parties des continens.

Mais de toutes les causes d'altération, c'est la décomposition qui travaille avec le plus d'énergie à défigurer et à dénaturer les parties soumises à son influence. Cette espèce de maladie des minéraux, si je puis m'exprimer ainsi, n'a exercé et n'exerce nulle part autant de ravages que dans les terrains volcaniques, parce que son action destructive ne trouve nulle part autant de prise. Fissures, boursoufflures et vacuoles microscopiques innombrables dans les masses denses; interstices multipliés à l'infini entre les masses pulvérulentes, les sables, les graviers et les fragmens des déjections incohérentes; alternances désordonnées des couches meubles avec les couches solides : telles sont les conditions qui caractérisent une extrême facilité d'accès, une perméabilité excessive qu'on chercheroit en vain dans tous les autres terrains. Aussi la décomposition n'attaque pas seulement les laves pulvérulentes, les pâtes scorifiées et les pâtes lithoïdes poreuses ou massives; elle pénètre encore les pâtes vitreuses presque homogènes, et quel que soit le volume des cristaux apparens à la vue simple, qui, disséminés dans ces différentes bases, leur donnent l'aspect porphyroïde, elle les détruit sans peine. Parmi ses effets les plus remarquables, je me contenterai de citer le feld-spath se résolvant en kaolin, le pyroxène en argile verte ou jaunâtre, le péridot en argile jaune, brune ou rougeâtre (1), l'amphigène en argile blanche, la pumite légère en terre blanche, la scorie légère en terre jaunâtre, brune ou d'un beau rouge, et la gallinace parfaite en terre savonneuse d'un gris verdâtre. Ajoutons que ces transmutations s'opèrent de la manière la plus capricieuse : tantôt ce sont les cristaux qui s'altèrent, et tantôt la pâte qui les enveloppe; dans la même masse, les cristaux d'une espèce se conservent dans leur intégrité, lorsque ceux des espèces différentes sont détruits depuis long-temps; enfin la même substance cède ou résiste indifféremment, dans des circonstances qu'on pourroit croire analogues.

---

(1) M. Faujas de Saint-Fond est le premier minéralogiste qui ait remarqué et décrit cette transformation du péridot; elle a échappé à de Saussure, qui en a examiné le prodnit sous le nom de *limbilite,* prenant ce produit pour une espèce minérale particulière, de formation contemporaine à celle de la lave enveloppante. MM. Brard et Laîné ont constaté, dans le Brisgaw même, que la limbilite de de Saussure n'étoit qu'un péridot parfaitement décomposé; j'ai eu occasion de me convaincre de l'exactitude de leur opinion; mais je conserve le nom de *limbilite*, parce que je pense qu'il faut donner des noms particuliers aux résidus de la décomposition chimique des minéraux; résidus qu'on ne doit pas confondre avec les résultats de la simple désagrégation.

L'exposé que je viens de tracer est déduit d'un grand nombre d'observations indépendantes de mes expériences; il suffirait presque, pour faire concevoir *à priori* la nature du tissu intime et la composition élémentaire des pâtes indéterminées que j'ai encore à examiner.

Ces pâtes offrent souvent un aspect très-différent de celui de leurs types originaires : les apparences spécieuses des caractères extérieurs les rapprochent alors beaucoup des cornéennes, des trapps et des pétrosilex : certaines variétés prennent même des ressemblances tout-à-fait séduisantes.

Mais ces apparences spécieuses, que l'examen comparatif de la composition mécanique et du tissu intime détruira facilement, céderoient à la seule comparaison des caractères empiriques respectifs; toutes les différences de ce genre que j'ai établies au quatrième Chapitre peuvent être reproduites ici. Je vais les fortifier, en rapportant de nouveaux élémens de contraste; élémens qui appartiennent aussi à une grande partie des roches volcaniques non altérées.

Les roches volcaniques ne contiennent pas de filons métallifères semblables à ceux qu'on exploite dans les autres terrains (1); les très-petits amas ou plutôt les traces métalliques qu'on y trouve fort accidentellement et fort rarement, présentent des substances minéralisées, associées ou gissantes d'une manière toute particulière.

Ces roches elles-mêmes forment très-souvent des filons dans toute sorte de terrains. La structure et les accidens singuliers de ces filons, dénoncent un remplissage d'un seul jet, une extrême liquidité préalable, et l'influence de pressions violentes exercées en vertu des lois qui président à l'équilibre des fluides.

Il est prouvé, par les recherches de M. Fleuriau de Bellevue, que la plus grande partie des pâtes volcaniques jouissent de la propriété de faire gelée avec l'acide nitrique affoibli (2). D'après quelques essais, je puis ajouter que l'intensité de ce caractère

---

(1) Les roches volcaniques extrêmement anciennes ayant participé à toutes les modifications éprouvées par plusieurs sortes de terrains à filons métallifères, dont elles sont contemporaines, il est évident qu'elles peuvent aussi contenir de ces filons; mais le cas est rare et constitue une exception de peu d'importance, du moment que l'on considère le sol volcanique sous un point de vue tout-à-fait général.

(2) Mémoire précédemment cité, *Journal de Physiq.*, 1805, t. LX, p. 409.

tout-à-fait neuf et précieux, m'a paru proportionnelle à l'altération du tissu intime et des particules élémentaires.

Enfin il me semble que l'analogie des substances concrétionnées par infiltration dans les couches volcaniques de tous les âges et de tous les pays, constitue un dernier caractère empirique remarquable. Ces substances composent, en quelque sorte, une minéralogie à part; on ne reconnoît parmi elles qu'un petit nombre d'espèces appartenant aux autres terrains.

Toutes ces considérations générales exposées, il me reste à faire mention du soin que j'ai mis à compléter, avant d'entreprendre les expériences dont je vais rendre compte, les termes de comparaison expliqués au second Chapitre de ce Mémoire. A cet effet j'ai déterminé les caractères des différens produits fournis par la décomposition particulière, soit des pâtes vitreuses, soit des minéraux élémentaires qu'on voit figurer en cristaux apparens à la vue simple, au milieu des matières volcaniques de tous les âges. Je renvoie le détail de ces déterminations à la Table générale des expériences; je dirai seulement que la pumite légère et le feld-spath sont moins fusibles à l'état terreux; au contraire, la fusibilité augmente dans les autres minéraux décomposés.

CHAPITRE NEUVIÈME.

Examen des Pâtes indéterminées qui servent de base aux Tufs volcaniques de tous les âges.

Les substances que je vais examiner comprennent les différentes bases d'un aspect mat et terreux, blanches, grises, d'un gris verdâtre, d'un gris jaunâtre, d'un brun sombre ou d'un rouge vif, qui entrent dans la composition des roches qu'on appelle généralement *tufs volcaniques*, *brèches volcaniques*. Je range par conquent ici la thermantide tripoléenne de M. Haüy, la base du trass, celle du pépérino, le prétendu tripoli volcanique, les pouzzolanes parfaitement terreuses, les cendres décomposées de certains minéralogistes, la base du tuf volcanique et du tuf basaltique de M. Werner, la moya de M. de Humboldt, enfin l'argile volcanique grossière ou endurcie.

Les pâtes tufeuses offrent un grand nombre de variétés encore peu connues, surtout dans les écoles du nord de l'Europe. Elles se montrent avec les traits de l'identité la plus parfaite, dans les terrains volcaniques des différens âges. Leur gisement

présente des conditions analogues à celles qui caractérisent le gisement des cendres volcaniques. Tantôt elles constituent des amas ou des couches uniformes et sans mélange; tantôt et plus souvent elles contiennent des fragmens de toutes sortes, de toutes grosseurs et en toutes proportions, ce qui leur donne une structure de brèche plus ou moins prononcée. On se rappellera que, sous le point de vue que je considère, il faut faire abstraction de ces fragmens.

On croiroit difficilement, à voir l'aspect mat et terreux des bases tufeuses, qu'elles puissent être douées d'une texture intime très-distincte et d'une composition mécanique très-apparente. C'est cependant ainsi qu'elles se présentent lorsqu'on les soumet au microscope, en fragmens très-minces. Quel que soit le degré de leur consistance, on les prendroit, au premier aperçu, pour des laves lithoïdes parfaites, dont les grains élémentaires contrasteroient entre eux par des teintes plus tranchées que de coutume.

Mais en les examinant plus attentivement, on reconnoît bientôt qu'elles offrent une mie plus lâche; que le volume des grains microscopiques est communément très-inégal, et qu'ils ne sont point entrelacés; que parmi ces grains, les uns sont durs, translucides ou demi-transparens, tantôt cristallisés et tantôt vitreux, tandis que les autres sont tendres, réduits à l'état terreux, parfaitement opaques, et se distinguent par des teintes très-prononcées. En général, l'opacité de ces derniers permet que chaque particule élémentaire figure nettement dans les masses et s'y présente constamment avec sa couleur propre; ce qui n'arrive pas dans les pâtes lithoïdes non altérées, à raison de ce que les grains blancs transparens ou translucides laissent passer la couleur des grains colorés qui se trouvent placés par-dessous.

Les pâtes tufeuses sont, ou *friables*, ou *consistantes*, ou *endurcies;* dans les premières, les particules élémentaires ne se tiennent qu'en vertu d'une adhérence extrêmement foible, produite par le simple tassement; dans les secondes, la cohésion dépend tout-à-la-fois du tassement et de la présence d'une petite quantité de matière interposée; dans les troisièmes, il existe un principe d'adhérence plus abondant, qui ne lie pas seulement les grains élémentaires les uns avec les autres, mais qui pénètre à l'intérieur de ceux de ces grains dont l'aspect est terreux, et leur restitue une dureté que la décomposition leur avoit d'abord enlevée. Une autre condition essentielle se combine aux précédentes, c'est la dureté propre à chacune des substances minérales infil-

trées qui jouent le rôle de ciment ; en effet, la présence d'une petite quantité de ciment très-dur suffit quelquefois pour donner une extrême tenacité à certaines masses.

On isole facilement, à l'aide de la pulvérisation, les grains élémentaires des pâtes tufeuses friables. Quant aux pâtes consistantes ou endurcies, il faut commencer par chercher à détruire le principe étranger qui s'y trouve interposé. Lorsque c'est une matière calcaire, ce qui arrive souvent, on réussit facilement à l'enlever, à l'aide de l'acide acéteux ou de l'acide nitrique très-affoibli. Dans les autres cas, qui sont plus rares, j'ai trouvé qu'il valloit mieux renoncer à enlever le principe de cohésion et se contenter d'une précision moins grande; en conséquence, on pousse de suite la pulvérisation au degré convenable.

De quelque manière que l'on commence l'opération, on reconnoît qu'une partie plus ou moins considérable des grains microscopiques qui figuroient entiers dans les masses, se résolvent en parcelles terreuses excessivement fines et susceptibles de se délayer dans l'eau. Il faut conséquemment lotir le tout à l'aide du lavage, afin d'observer les susblances élémentaires dans l'ordre des volumes.

Les grains ou cristaux microscopiques qui se conservent entiers, sont communément d'un volume inférieur à un trentième de millimètre, mais on en trouve de bien moins fins. Les plus aisés à reconnoître sont ceux de fer titané, qui paroissent comme indestructibles au milieu des altérations de tout genre ; on retrouve dans les autres les différens minéraux volcaniques qui composent les *cinérites* et les *spodites;* les plus abondantes sont donc le feld-spath et le pyroxène; viennent ensuite les verres pyroxéniques (gallinace ou scorie), les verres feld-spatiques (pumite ou obsidienne) et le péridot, quelquefois l'amphigène, et très-rarement le mica.

Les résidus terreux des lotions se composent de parcelles impalpables confondues, lesquelles ne forment souvent pas la huitième ou la dixième partie des masses mises en expérience; quelquefois cependant elles en constituent plus du quart. Elles sont presque opaques, tantôt blanches et tantôt foiblement colorées en jaune, en vert, en brun ou en rouge; elles s'étendent au lieu de croquer sous le pilon. On ne peut pas rigoureusement déterminer leur nature ; mais les caractères de fusion constatés avant le lavage, et les autres circonstances accessoires, suffisent

pour faire croire qu'elles proviennent de la décomposition d'une partie des minéraux microscopiques élémentaires.

Je n'ai trouvé aucun procédé propre à déterminer directement quelles sont les substances minérales infiltrées autres que l'arragonite et la chaux carbonatée ordinaire, qui donnent de la consistance ou de la dureté aux bases tufeuses; différens caractères empiriques indiquent tantôt le fer hydraté, tantôt différentes zéolites, tantôt la silice hydratée. J'estime qu'en général on ne se tromperoit guère en concluant la nature du principe ou des principes de cohésion dominans dans un tuf quelconque, d'après l'espèce des minéraux concrétionnés qui occupent les boursoufflures des fragmens disséminés au milieu de la pâte. Au reste, l'insuffisance de mes recherches à ce sujet, me laisse peu de regrets; en étudiant les pâtes si nombreuses qui renferment de la chaux carbonatée microscopique, j'ai pu me convaincre que cette substance y forme des cloisons presque toujours imperceptibles, et que très-communément la somme des espaces qu'elle remplit ne s'élève pas à la centième partie du volume des masses; je n'ai pas eu lieu de présumer que les autres substances interposées puissent jouer un rôle plus important.

Ces données générales posées, je dois insister sur les trois exceptions suivantes :

Pour me conformer au préjugé d'après lequel on désigne assez vulgairement les brèches volcaniques comme des produits d'éruptions boueuses, j'ai cherché s'il existoit entre les pâtes tufeuses, des différences de tissu intime et de composition mécanique propres à caractériser deux ou plusieurs modes de formations distincts. Voici la seule différence que j'ai pu reconnoître : dans quelques-unes de ces pâtes, la majeure partie des particules terreuses au lieu de figurer comme des grains entiers ayant une existence indépendante, se montrent mêlées et confondues. Je reviendrai sur cette disposition particulière qu'on expliqueroit à la rigueur, en supposant un tassement postérieur à la décomposition.

Le tuf boueux moderne produit par une éruption du Tonguragua en 1797, et rapporté d'Amérique sous le nom de *moya* par M. de Humboldt, n'a point d'analogue parmi les matières tufeuses des autres pays. C'est un composé d'humus et de minéraux volcaniques réduits en un sable dont les grains sont de toutes dimensions, c'est-à-dire en partie grossiers, en partie microscopiques.

Enfin

Enfin ce que j'ai dit de la proportion des substances hétérogènes infiltrées au milieu des différentes bases tufeuses dures ou consistantes, ne peut point s'appliquer à celles de ces bases qu'on peut nommer *mixtes* ou *bigènes*. Celles-ci, qui sont fort rares, se rencontrent à la jonction des couches volcaniques anciennes avec les couches calcaires. Elles renferment du carbonate de chaux compact, en toutes proportions; quelques-unes en tiennent plus de la moitié de leur volume (1).

Si nous revenons maintenant aux pâtes tufeuses considérées en général, je ferai remarquer que les deux modifications principales de la composition mécanique sont assez nettement indiquées par le caractère qui se tire de la fusion. En effet, une partie donne assez difficilement un verre blanc ou légèrement coloré, l'autre partie fond avec facilité en verre ou émail noir, ou d'un vert foncé.

D'après ces résultats, voici comment il faut concevoir l'existence minéralogique des pâtes tufeuses.

Parmi celles qui fondent en verre blanc ou légèrement coloré, les unes peuvent être définies comme feld-spath granulaire en partie décomposé et mêlé d'une petite quantité de particules étrangères connues : je les nomme *trassoïte*; les autres doivent être envisagées comme verre feld-spathique (pumite ou obsidienne) granulaire en partie décomposé et mélangé d'une petite quantité de particules hétérogènes déterminées : je les nomme *alloïte*.

Parmi celles qui donnent un verre ou un émail fortement coloré en noir ou vert noirâtre, les unes peuvent être considérées

(1) Lorsqu'on rencontre des coquilles dans les couches des terrains volcaniques démantelés, c'est ordinairement aux tufs mixtes ou bigènes qu'elles appartiennent; beaucoup de minéralogistes se sont étonnés de la présence de ces coquilles; je m'étonne, au contraire, qu'elles n'y soient pas plus abondamment répandues. Il doit s'en trouver bien davantage dans les tufs modernes simples ou bigènes qui se forment journellement au pied des volcans brûlans dont les bases sont baignées par la mer. Ajoutons que les courans modernes du Vésuve, de l'Etna et des îles Canaries, qui sont arrivés jusqu'à la mer et se sont avancés dans ses eaux, reposent à leur extrémité sur des détritus mixtes très-coquilliers, et présentent en outre des dépouilles de corps marins logées entre les fissures de la lave et les cavités des croûtes scorifiées inférieures et supérieures; les terrains volcaniques sous-marins formés depuis les temps historiques aux Açores et dans l'Archipel grec, doivent renfermer un bien plus grand nombre de ces dépouilles.

comme pyroxène granulaire en partie décomposé et mêlé d'une très-grande quantité de particules hétérogènes connues, que la décomposition a également attaquées : je les appelle *tufaïte ;* les autres pourront être regardées comme verre pyroxénique (gallinace ou scorie) granulaire en partie décomposé et mélangé d'une très-grande quantité de particules étrangères déterminées, sur lesquelles la décomposition a aussi produit ses effets : je leur donne le nom de *pépérite*.

La *pépérite*, la *tufaïte*, l'*alloïte* et la *trassoïte* se partageront chacune, à raison des degrés de solidité, en trois subdivisions principales, savoir : la friable, la consistante et l'endurcie : les accidens de coloration serviront à établir les variétés principales.

A l'aide des définitions précédentes, les pâtes tufeuses pourront donc obtenir désormais des places de convention dans la méthode purement minéralogique, et se trouver décrites à la suite, soit du pyroxène, soit du feld-spath. On conçoit du reste, sans que j'aie besoin de m'appesantir à ce sujet, que ces masses sont trop compliquées pour qu'il n'existe pas un grand nombre de variétés mixtes entre les quatre divisions que je viens d'établir.

Ajoutons maintenant que sous le point de vue géologique, la trassoïte, l'alloïte, la tufaïte et la pépérite doivent être définies comme grès microscopiques composés de particules minérales hétérogènes, les unes dures, les autres tendres et terreuses, et liées entre elles, soit par le tassement, soit par l'interposition de différentes substances disséminées sous forme de ciment presque toujours imperceptible ; particules analogues d'ailleurs à celles qui constituent les différentes variétés de cinérite et de spodite.

Dans le cours des recherches précédentes, je n'ai pas omis de comparer certains tufs feld-spathiques avec les tripolis du commerce et celui du Ménat en Auvergne; les différences sont bien tranchées : je ne dois pas négliger d'en donner ici l'indication. Le tripoli de Ménat n'est rien autre chose que le *squelette siliceux* d'une argile schisteuse (schiefer thon) vitriolisée par la décomposition spontanée des pyrites accompagnantes. La localité de Ménat m'étant connue, je puis assurer qu'il n'y existe aucune matière volcanique ancienne ou moderne, et que c'est à tort que plusieurs minéralogistes ont supposé le contraire.

L'argile schisteuse intacte s'y présente en couches régulières; sa couleur est d'un gris verdâtre et son grain très-fin; elle renferme de nombreux tubercules de pyrite radiée et des empreintes de poissons extrêmement rares. Les tripolis du commerce que j'ai pu me procurer, m'ont également montré les caractères d'un squelette siliceux formé aux dépens de schistes argileux, auxquels l'action lente d'un acide auroit enlevé tous les principes chimiques susceptibles de donner des sels solubles; mais je ne saurois dire si leur production doit être attribuée à la décomposition des pyrites accompagnantes, ou aux vapeurs sulfureuses d'un terrain houiller incendié, ou bien à la macération corrosive opérée par une eau minérale quelconque.

J'ai vainement cherché, dans les ouvrages des auteurs de minéralogie les plus recommandables, la définition rigoureuse de ce qu'ils entendent par une *éruption boueuse;* cette expression me paroît susceptible d'être rangée parmi celles qu'on devroit bannir de la science, comme énonçant des notions inexactes, vagues, ou trop hypothétiques; elle consacre en effet un préjugé bien mal fondé, si on a voulu dire que la matière des pâtes tufeuses anciennes a pu être apportée des foyers volcaniques, toute délayée, ou toute dissoute dans un liquide, et qu'elle a été vomie et cristallisée à la manière des laves; à coup sûr une semblable hypothèse n'a pu être conclue d'après le rôle que l'eau joue dans les volcans modernes. Nous savons que les foyers volcaniques en repos exhalent continuellement des vapeurs aqueuses accompagnées de matières très-hétérogènes également en vapeurs; mais ces matières n'ont aucun rapport avec les grains ou cristaux élémentaires des pâtes tufeuses. Nous savons encore que certaines éruptions historiques ont rejeté des masses d'eau liquide qui se sont épanchées en torrens; mais il faut considérer que ces épanchemens sont extrêmement rares et accompagnés de circonstances (1) qui permettent de les regarder comme des accidentels dans la série des phénomènes essentiellement volcaniques;

(1) Ces épanchemens ne produisent ordinairement que de l'eau douce; tel a été celui de 1755 à l'Etna; tels sont ceux de la Cordilière des Andes en Amérique. Ces derniers contiennent quelquefois une multitude infinie de poissons. M. de Humboldt, à qui on doit cette curieuse observation, pense que les lacs souterrains dans lesquels vivent ces animaux, sont à une très-grande élévation au-dessus du niveau de la mer. On trouve les mêmes espèces dans les ruisseaux qui coulent au pied des cratères. *Journ. de Phys.*, 1805, t. LX, p. 243.

on ne doit pas perdre de vue surtout, que leur volume a été communément peu considérable, en ne supposant même aucune exagération dans les récits qui en ont transmis le souvenir. Roulant au reste sur des pentes rapides, tantôt composées de détritus incohérens, tantôt recouvertes d'un humus meuble, profond et riche en principes végétaux, il est tout simple que les torrens volcaniques se chargent jusqu'à saturation mécanique de toutes ces matières et les étendent au pied des montagnes, sous forme de fragmens amoncelés, de graviers, de sables et de boues fétides. Les prodigieuses averses qui accompagnent quelquefois les éruptions ordinaires, produisent des effets analogues ; mais les caractères de ces alluvions locales, de ces envasemens accidentels, diffèrent beaucoup de ceux que présentent la composition spéciale, la structure uniforme, la stratification si particulière et la puissance si bien réglée des assises de cendre, de tufs et de brèches qu'on voit s'étendre presque indéfiniment dans les grands systèmes volcaniques de tous les âges. D'où on peut dire que si l'eau a eu quelque part à l'étendage des matières incohérentes qui ont servi de base à certaines couches très-anciennes de brèches et de tufs volcaniques, il en a fallu un volume hors de toute proportion avec celui que nous ont offert les érosions produites par les éruptions aqueuses observées jusqu'à présent.

Ces considérations sommaires rapprochées des résultats de mes expériences, excluent, ce me semble, complètement l'hypothèse des éruptions boueuses. Il faut donc admettre en principe, que les particules élémentaires des pâtes tufeuses anciennes ont été originairement formées par la voie sèche comme celles des pâtes modernes, et qu'elles sont sorties des orifices volcaniques de la même manière, c'est-à-dire à l'état de déjections pulvérulentes. Mais après leur sortie, a-t-il pu se faire que, dans certains cas, elles aient été reçues ou déplacées par les eaux des grandes inondations qui ont anciennement couvert les continens? c'est ce que je n'entreprendrai pas de discuter. La solution de cette question est indifférente pour mes résultats; en cas d'affirmative, il s'ensuivroit seulement qu'il faudroit compter une cause de plus parmi celles qui ont concouru à la formation si compliquée des pâtes tufeuses en général ; et les puissans effets des tremblemens de terre, considérés comme principaux agens de tassement, n'en subsisteroient pas moins.

CHAPITRE DIXIÈME.

Examen des Pâtes indéterminées qui composent les Wackes volcaniques de toutes couleurs, massives ou poreuses.

Sous la rubrique de wackes de toutes couleurs, je comprends ici momentanément toutes les bases indéterminées qui proviennent de l'altération des pâtes lithoïdes, vitreuses ou scorifiées quelconques; je confonds par conséquent dans cette grande Section, les laves argilo-ferrugineuses décomposées de Dolomieu, la cornéenne volcanique et le basalte décomposé de de Saussure, la plupart des trapps de M. Faujas de Saint-Fond, tous les trapps et toutes les cornéennes amygdaloïdes, y compris même l'ophite antique, les scories amygdaloïdes, une partie des thermantides cimentaires de M. Haüy, la plus grande partie des wackes de M. Werner, comme aussi la plupart des variétés de son thonporphyre qui ne contiennent pas de quartz, les laves feld-spathiques compactes et pétrosiliceuses décomposées de Dolomieu, la phonolite décomposée de M. Daubuisson, la domite décomposée, les pierres ponces décomposées, enfin les argiles volcaniques rudes et grossières.

Avant de rendre compte de l'examen de ces nombreuses substances, je dois rappeler que parmi les produits incontestables des volcans brûlans, on ne trouve guère changées en pâte de wacke que certaines croûtes scorifiées, grumeleuses ou pesantes placées au-dessous et au-dessus des courans lithoïdes, et un assez bon nombre de fragmens de lave lithoïde, ou de scories de toute sorte qui se trouvent dispersés dans les cendres et les tufs. Les mêmes altérations sont plus fréquentes dans les produits incontestables des volcans éteins; mais elles y attaquent rarement les laves lithoïdes poreuses, et plus rarement encore les laves compactes et les laves vitreuses. Au contraire, dans le sol volcanique le plus ancien, et dont l'origine est fortement contestée, il n'y a communément que les masses extrêmement denses qui aient été préservées d'un commencement d'altération. Du reste, entre les pâtes volcaniques intactes de tous les âges et les pâtes de wackes congénères, il existe une foule de variétés intermédiaires qui, tout en attestant l'identité d'origine, suffiroient pour faire préjuger avec une assez grande exactitude, le tissu intime et la composition mécanique dont chaque sorte de wacke est effectivement douée.

Considérées en grand, les pâtes de wacke se distinguent empiriquement des pâtes de tuf par leur porosité, par leur contexture souvent porphyrique ou amygdaloïde, par les conditions de leur stratification, et par l'absencce de tout fragment hétérogène disséminé; mais celles produites par l'affaissement des scories grumeleuses ou pesantes peuvent souvent donner lieu à des méprises. On en trouvera des exemples dans la Table générale de mes expériences.

Exposées au microscope, en fragmens très-minces, leur aspect ne diffère pas de celui des bases tufeuses, si ce n'est peut-être par le volume un peu plus gros et plus égal des particules élémentaires. D'ailleurs leur texture granitique est très-distincte et leur composition mécanique très-apparente. L'opacité d'une partie des grains microscopiques et le relâchement de leur adhérence, font ressortir les teintes blanches, jaunâtres, verdâtres, rougeâtres ou noires, propres à chaque espèce. Lorsque les grains sont peu fins, il ne faut pas même emprunter le secours de la loupe pour reconnoître la contexture granitique des masses; c'est ce qu'on observe très-bien, par exemple, lorsqu'on examine à une vive lumière l'écorce décomposée qui revêt souvent la surface des blocs de lave lithoïde qui ont été long-temps exposés à l'action de l'air.

Le degré de consistance des différentes pâtes de wacke est en rapport avec l'état de leur texture intime; il en résulte que quelle que soit leur composition mécanique, ces pâtes peuvent être divisées en *wackes solides*, *wackes friables* et *wackes endurcies*.

Dans les wackes solides, l'adhérence des grains ou cristaux élémentaires est foiblement relâchée; on observe souvent entre eux des vacuoles ou des boursoufflures microscopiques; ils conservent la dureté et les autres caractères propres à chacune des espèces minérales auxquelles ils appartiennent : un petit nombre seulement tendent à passer à l'état terreux.

Dans les wackes friables, au contraire, les vacuoles et les boursoufflures microscopiques ne sont presque plus sensibles; un grand nombre de grains ou cristaux élémentaires sont à l'état terreux; leur proportion varie du dixième au quart des masses; aussi ne les examine-t-on convenablement qu'à l'aide de lotions préalables.

Les wackes endurcies sont les plus rares; on n'y trouve point

des vacuoles; certaines variétés offrent seulement quelques boursoufflures microscopiques. Il faut renoncer à les étudier avec une précision rigoureuse, lorsque leur dureté est occasionnée par une substance infiltrée autre que la chaux carbonatée; mais lorsqu'elles sont cimentées par l'interposition de cette dernière substance, ce qui est le cas le plus ordinaire, on enlève préliminairement la matière calcaire, et on lotit le résidu pulvérulent par des lavages. On trouve alors que la plupart des grains microscopiques qui figuroient entiers dans la pâte endurcie, se réduisent plus ou moins complètement en particules terreuses impalpables.

Les grains ou cristaux microscopiques qui persistent dans leur intégrité au milieu de toutes les wackes, sont facilement déterminées, et présentent les mêmes espèces de minéraux élémentaires que toutes les autres pâtes volcaniques précédemment examinées. Le fer titané s'y reproduit constamment, et paroît résister à tous les genres d'altération; sa présence fournit un caractère d'une haute importance. Les minéraux prédominans sont le feld-spath et le pyroxène; on trouve plus rarement le péridot et l'amphigène; le mica et l'amphibole sont excessivement rares, et ne se rencontrent que dans les pâtes complètement feld-spathiques. Dans les pâtes de wacke scoriformes, c'est communément le verre pyroxénique (scorie ou gallinace) ou bien le verre feld-spathique (pumite ou obsidienne) qui dominent; ces substances vitreuses se montrent entrecoupées d'une foule de gerçures déliées, et figurent ainsi comme des grains très-irréguliers et de toutes dimensions; leur nature deviendroit bien difficile à reconnoître, si on n'étoit pas mis sur la voie par la considération des boursoufflures microscopiques qu'elles renferment; boursoufflures qu'on ne peut pas confondre avec des vacuoles, car la forme des vacuoles est toujours irrégulière.

Il n'est pas possible de déterminer aussi nettement la nature des grains terreux. Il faut étudier leurs caractères avant de pulvériser et de laver, car le résidu des lotions ne fournit que des poudres impalpables, diversement colorées, et dont les parcelles confondues s'étendent au lieu de croquer sous le pilon. Avec du soin on parvient à isoler assez complètement les grains terreux. En rapprochant les caractères qu'ils présentent des circonstances accessoires de leur existence, on est conduit à reconnoître qu'ils appartiennent aux mêmes espèces minérales que les grains ou cristaux microscopiques durs et intacts qui font

partie des mêmes masses; c'est ainsi qu'il n'est pas difficile de retrouver le kaolin dans la plupart des grains élémentaires terreux de couleur blanche, le pyroxène décomposé dans ceux d'un vert pâle, et la limbilite ou péridot décomposé dans ceux d'un vert jaunâtre, d'un brun jaunâtre, ou d'un rouge très-foncé (1).

Du reste, les formules d'association des grains élémentaires de toute espèce (abstraction faite de leur état de conservation) ne diffèrent pas de celles qui expriment la composition mécanique des bases lithoïdes, scorifiées ou vitreuses, dont les différentes pâtes de wacke sont congénères. Aussi, d'après les conditions de leur fusion, ces pâtes se divisent-elles en deux grandes classes, celles qui donnent un verre blanc ou très-légèrement coloré, et celles qui fondent en un verre ou émail noir, ou d'un vert noirâtre foncé.

Lorsque ce n'est pas la chaux carbonatée qui endurcit les pâtes de wacke, on peut présumer, en se fondant sur une réunion de considérations empiriques très-puissantes, et que les minéralogistes exercés trouveront facilement sans que j'en fasse ici le détail, on peut présumer, dis-je, que cette fonction est remplie par des substances très-variées, à la tête desquelles il faut placer les différentes espèces de zéolites, les hydrates de fer et de silice, le quartz ou la calcédoine; ces dernières substances sont effectivement celles qui se montrent le plus fréquemment concrétionnées ou cristallisées dans les boursoufflures apparentes à la vue simple, non-seulement des pâtes de wacke en général, mais encore de toutes les autres bases volcaniques non altérées.

L'abondance des principes minéraux infiltrés, la dureté propre à chacun d'eux, déterminent en grande partie le degré de consistance des pâtes de wacke endurcies. En effet, leur fonction ne se borne pas à remplir les vacuoles microscopiques de ces pâtes, ils pénètrent au milieu des grains élémentaires réduits à l'état terreux, et cimentent ainsi très-intimement les masses les plus altérées. Du reste, la présence de ceux qu'on ne peut enlever, du moins par les moyens dont j'ai essayé de faire usage,

---

(1) Je range ici avec la limbilite d'un rouge brun, une substance qui joint quelquefois à cette couleur un éclat un peu métalloïde, et qui est assez commune parmi les grains microscopiques terreux des wackes pyroxéniques amygdaloïdes. Le parti que j'ai pris à l'égard de cette substance, me laisse des doutes que j'espère lever de manière ou d'autre, avant la publication de la Table générale de mes expériences.

ne sauroit influer sensiblement sur les résultats d'analyse mécanique. En effet, d'après différentes considérations, et surtout d'après le rôle que joue la chaux carbonatée, j'estime que l'espace total occupé par ces principes dans les masses qui en contiennent le plus, est toujours fort au-dessus de la soixantième partie du volume. Les pâtes de wacke scoriformes peuvent en contenir davantage, mais c'est un cas assez rare.

On voit, par ces observations, que quoique les pâtes de wacke soient des corps extrêmement compliqués, leur définition minéralogique n'en est pas moins facile à construire. Parmi celles qui fondent en verre blanc ou très-foiblement coloré, les unes doivent être considérées comme feld-spath granulaire à grains microscopiques, décomposé en partie, mêlé de particules hétérogènes connues, et parsemé de vacuoles plus ou moins rares : je les nomme *téphrine ;* les autres peuvent être envisagées comme verre feld-spathique (pumite ou obsidienne) entrecoupé d'une infinité de fissures microscopiques, décomposé en partie, plus ou moins parsemé de boursoufflures extrêmement petites, et mélangé d'une quantité plus ou moins considérable de cristaux intacts ou altérés, soit feld-spathiques, soit hétérogènes déterminés : je les nomme *asclérine.* Parmi les pâtes de wacke qui fondent en verre ou émail noir, ou d'un vert noirâtre, les unes pourront être regardées comme pyroxène granulaire à grains microscopiques, décomposé en partie, mélangé d'une quantité considérable de particules étrangères déterminées (feld-spath, fer titané, péridot, etc.) également attaquées par la décomposition, et parsemé de vacuoles plus ou moins rares : je leur conserve le nom de *wacke* proprement dite; les autres pourront être définies comme verre pyroxénique (scorie ou gallinace) entrecoupé d'une infinité de gerçures microscopiques, décomposé en partie, plus ou moins parsemé de boursoufflures extrêmement petites, et mêlé d'une quantité plus ou moins considérable de particules intactes ou altérées, soit pyroxéniques, soit hétérogènes connues : je les appelle *pozzolite.*

D'après ces formules de convention, mais dont les bases sont rigoureuses, la pozzolite, la wacke, la téphrine (1), l'asclérine

(1) Le nom de *téphrine* a déjà été employé par M. Delamétherie, par M. Brongniart et par moi-même dans une acception un peu différente, qui, d'après mes expériences, me paroît devoir être rectifiée. En effet, nous avons confondu les leucostines grises altérées avec une partie de celles qui ne le sont pas et avec les vrais basaltes d'un gris très-clair.

pourront désormais être placées et décrites dans les méthodes minéralogiques, à la suite, soit du pyroxène, soit du feld-spath. Les degrés de consistance fourniront, pour chacune des divisions que je viens d'établir, trois subdivisions, savoir : celles de *solide*, de *friable* et d'*endurcie* : les accidens de forme et de coloration serviront à motiver les variétés principales de chaque subdivision.

Considérées géologiquement, les pâtes de wacke de toute espèce sont ou des granites microscopiques avec vacuoles plus ou moins rares, ou des porphyroïdes microscopiques avec boursoufflures aussi plus ou moins rares, dont les parties élémentaires sont les unes dures et les autres tendres et terreuses; parties qui d'ailleurs dépendent ou dérivent d'espèces minérales identiquement analogues à celles qui constituent les pâtes lithoïdes, scorifiées ou vitreuses qui n'ont subi aucune altération. En d'autres termes, l'asclérine est congénère des pumites et des obsidiennes, la téphrine des leucostines (1), la wacke proprement dite des basaltes, et la pozzolite des scories et des gallinaces.

Je ferai maintenant observer que les laves amygdaloïdes à base de wacke proprement dite, dont l'origine a été le plus fortement contestée, sont celles qui m'ont en général offert les caractères les plus prononcés à l'analyse mécanique : je citerai les toadstones d'Angleterre, les variolites du Drac dans les Alpes du Dauphiné, et les belles amygdaloïdes d'Oberstein dans le Palatinat. J'ai en outre découvert dans beaucoup de ces pâtes de wacke proprement dite, des cristaux de pyroxène nombreux et apparens à la vue simple, qu'on avoit pris, soit pour de l'amphibole, soit pour de la terre verte, ou bien auxquels on n'avoit pas fait attention, parce qu'ils sont amorphes de première origine, ou déformés par suite de leur décomposition.

J'ai vainement cherché l'amphibole dans la presque totalité des pâtes dont je viens de traiter dans ce Chapitre; ce minéral ne s'est présenté que dans quelques variétés de téphrine, où son

---

(1) Le nom de *leucostine* a été fait il y a quelques années par M. Delamétherie, pour désigner la base du porphyre rouge antique. Il m'a paru que ce nom, d'après son étymologie, conviendroit mieux aux pâtes lithoïdes abondant en cristaux microscopiques de feld-spath. En effet, j'ai trouvé que les grains élémentaires de la base du porphyre rouge, sont tous de couleur rosée ou d'un rouge brun très-clair.

rôle est si restreint, qu'on pourroit l'y regarder comme accidentel, manière de voir qui ne seroit cependant point exacte. Au reste, M. Faujas de Saint-Fond avoit reconnu depuis longtemps, que les pâtes minérales qu'il appelle *trapps* (1) ne contiennent pas d'amphibole. Or les trapps de M. Faujas comprennent entre autres substances, les bases auxquelles je donne ici le nom de *wacke* proprement dite.

A la rigueur, tant qu'on ne connoîtra pas le gisement de l'ophite antique, ce porphyre ne devroit figurer que par appendice dans la classification des roches. Cependant j'ai cru qu'il ne seroit pas inutile d'en examiner la pâte. On sait que de Saussure avoit fait de cette pâte une espèce minérale particulière sous le nom d'*ophibase;* je n'y ai trouvé qu'une wacke proprement dite, à grains fins, endurcie par de la calcédoine. Il m'a été impossible d'y découvrir la moindre trace d'amphibole. La présence du pyroxène microscopique dans cette pâte se trouve confirmée par un caractère empirique essentiel, que je dois signaler aux minéralogistes, et qui consiste en ce que certaines variétés extrêmement rares, renferment, indépendamment des cristaux apparens de feld-spath, d'autres cristaux également très-apparens à la vue simple, qui sont composés de pyroxène translucide et du plus beau vert.

Cette dernière observation me ramène naturellement à rappeler ici un des résultats les plus généraux de mes recherches, savoir, que parmi les préjugés qui ont retardé les progrès de la Géologie, il n'en est pas de plus mal fondé que celui d'après lequel on a supposé jusqu'à présent, que dans presque toutes les substances minérales compactes volcaniques ou non volcaniques qui jouent un certain rôle dans la composition des montagnes, la couleur verte ou noire étoit donnée par l'amphibole disséminée en particules indiscernables.

CHAPITRE ONZIÈME.

Résumé général.

Je récapitulerai maintenant les principaux résultats du système d'expériences et d'observations dont j'ai rendu compte dans le cours de ce Mémoire.

---

(1) *Histoire naturelle des Roches de trapp*, Paris, 1813.

On voit que la totalité des substances minérales dites *en masse*, qui servent de bases aux roches volcaniques de tous les âges et de tous les pays, et dont la nature étoit restée jusqu'à présent en problème, tant sous le rapport minéralogique que sous le point de vue géologique, se trouvent rigoureusement définies à l'aide d'un nouveau mode d'analyse, d'une sorte d'Anatomie comparée;

Que le tissu homogène et uniforme, soit compact, soit vitreux, soit terreux, dont ces substances semblent douées lorsqu'on les examine à la vue simple, n'est, à l'exception de certains cas déterminés extrêmement rares, qu'une fausse apparence;

Quelles sont presque toutes mécaniquement composées de cristaux microscopiques, appartenant à un très-petit nombre d'espèces minérales connues, auxquelles se mêlent, dans certains cas déterminés, des matières vitreuses plus ou moins abondantes;

Que les cristaux microscopiques élémentaires appartiennent au feld-spath, au pyroxène, au péridot, au fer titané, moins souvent à l'amphigène et fort rarement au mica, à l'amphibole ou au fer oligiste;

Que, d'après des probabilités très-grandes, les matières vitreuses élémentaires, alors même qu'elles ne sont point mélangées de cristaux microscopiques, ce qui est extrêmement rare, renferment les principes prochains des pâtes complètement lithoïdes, principes agrégés alors sous forme de particules tout-à-fait indiscernables, et réduits peut-être au volume moléculaire;

Que dans une partie des substances volcaniques dites *en masse*, les cristaux microscopiques élémentaires et les matières vitreuses, lorsqu'elles en contiennent, se trouvent souvent dans un état de décomposition plus ou moins avancé;

Que parmi ces substances, dont les élémens sont plus ou moins attaqués par la décomposition, certaines doivent leur consistance à des matières étrangères, interposées en particules presque toujours indiscernables;

Que quel que soit l'état de conservation ou d'altération des substances volcaniques dites *en masse*, les minéraux élémentaires ne forment communément que des associations ternaires ou quaternaires, au milieu desquelles tantôt le feld-spath et tantôt le pyroxène prédominent constamment, non-seulement par leur

abondance, mais encore par l'influence des caractères qui leur sont propres;

Que cette constante prédominance, combinée aux autres conditions que présente la composition mécanique, et aux caractères extérieurs qui en résultent, permet de diviser méthodiquement les substances volcaniques dites *en masse*, à l'aide de coupures naturelles assez nettement circonscrites, et même à la rigueur, de leur assigner des places de convention dans la méthode minéralogique;

Qu'on peut partager ces substances en seize *types* principaux, susceptibles de produire quarante-huit *sous-types*, au moyen de subdivisions assez exactement motivées, et pouvant, à l'aide de considérations très-plausibles, être rapportés au feld-spath ou pyroxène comme modifications spécifiques plus ou moins imparfaites : types qui, à raison de l'importance du rôle qu'ils jouent dans la constitution de l'écorce du globe, doivent être l'objet de descriptions détaillées et d'une nomenclature particulière, comme s'ils étoient réellement simples et homogènes, mais qu'on ne peut, dans aucun cas, considérer comme de véritables espèces;

Que de quelque manière qu'on dispose ou qu'on multiplie les subdivisions à établir entre ces types, il restera toujours entre ceux de même espèce ou d'espèce différente, un assez grand nombre de variétés mixtes pour attester qu'ils sont respectivement congénères;

Que les analogies que l'on a cru exister entre quelques-uns de ces types et les substances élémentaires des roches primordiales, intermédiaires ou secondaires, à base de pétrosilex, de trapp et de cornéenne, ne soutiennent pas un examen rigoureux et ne sont pas fondées : en d'autres termes, que ces ~~trapps~~ types n'ont point d'analogues dans les terrains dont la formation est unanimement regardée, par les géologues, comme absolument étrangère aux volcans;

Que les différences qu'on a remarquées entre certaines variétés de laves modernes et certaines laves anciennes de même nature, n'ont d'autre fondement que de très-légères modifications de contexture intime, tenant d'une part à l'abondance, et de l'autre à la rareté, ou même à l'absence (en cas de remplissage complet par infiltration) des vacuoles existantes entre les cristaux microscopiques élémentaires;

Que, proportion gardée des différences qui tiennent à l'ancienneté relative, les différens types se présentent avec les traits de l'identité la plus parfaite dans les roches volcaniques de tous les pays comme dans celles de tous les âges;

Que le sol volcanique considéré dans son ensemble et sous le point de vue le plus général, offre une composition toute particulière, et une constitution qu'on ne retrouve point dans les autres terrains;

Que parmi les causes dont ce sol est le produit, il faut surtout remarquer la loi qui préside à la coagulation de la matière incandescente des éruptions, et qui presque toujours résout complètement cette matière en une immensité de cristaux microscopiques;

Enfin, que si la Chimie et la Minéralogie ont été si longtemps muettes sur la véritable nature des substances dites *en masse*, qui constituent le fond de toutes les couches volcaniques, c'est que l'une et l'autre, s'arrêtant à la simplicité apparente de ces substances, prenoient les caractères composés des différens mélanges pour des propriétés spécifiques essentielles; on ne pouvoit résoudre la difficulté qu'en employant des procédés pour ainsi dire moyens entre les leurs, ceux de l'analyse mécanique.

Il faut convenir que si ces résultats tendent à placer les minéralogistes et les géologues dans un nouvel ordre d'idées, en leur montrant dans le sol volcanique un monde minéralogique, s'il est permis de s'exprimer ainsi, dont tous les individus ont une existence propre et un rôle presque indépendant, il tenoit à bien peu de chose que cette connoissance ne nous fût jamais acquise : un degré de ténuité de plus dans le volume des individus, et le problème de la composision des terrains formés par les volcans de tous les âges, pouvoit rester complètement insoluble.

Je termine en présentant le Tableau de la nouvelle distribution méthodique que je propose pour l'ensemble des substances volcaniques dites *en masse*. J'espère que la synonymie que j'y ai jointe pourra suffire, en attendant que je publie les *descriptions minéralogiques* des différens types et sous-types (1).

---

(1) Je nomme *types* ce qu'on pourra appeler *modification principale* d'une des deux espèces prédominantes, dans la méthode de M. Haüy, et ce

DISTRIBUTION MÉTHODIQUE

DES SUBSTANCES VOLCANIQUES DITES *EN MASSE.*

SECTION I.

Substances Feld-Spathiques : *dans lesquelles les particules du feld-spath sont très-prédominantes.*

A) *NON ALTÉRÉES.*

TYPE I.

Composées exclusivement de Cristaux microscopiques entrelacés, d'un égal volume, adhérens par leur simple juxtaposition, offrant entre eux des vacuoles plus ou moins rares.

LEUCOSTINE.

Sous-Types.

a) Leucostine compacte. *Synon.* Lave lithoïde pétrosiliceuse, feld-spath compact sonore, klingstein, phonolite, hornstein volcanique.

b) ———— écailleuse. ——— Sorte nouvelle dans laquelle beaucoup de cristaux de feld-spath sont plats et posés dans le même sens; graustein de M. Werner?

c) ———— granulaire. ——— Domite, base d'une partie des thonporphyres de l'Auvergne et probablement de Hongrie; base d'une partie des porphyres trappéens de M. de Humboldt.

---

qu'on doit nommer *espèces* dans la méthode de M. Werner; ce célèbre minéralogiste ne donnant pas à la dénomination d'*espèce* l'acception rigoureuse et philosophique que nous lui donnons d'après M. Haüy et Dolomieu. Les sous-types seront des sous-espèces de M. Werner et des variétés principales de M. Haüy.

TYPE II.

Composées de Verre boursoufflé, presque toujours mélangé de Cristaux microscopiques plus ou moins abondans.

PUMITE.

Sous-Types.

a) Pumite grumeleuse.	*Syn.*	Sorte nouvelle ayant l'aspect lithoïde.
b) ——— pesante.	——	Pierre ponce pesante de Spallanzani et de Dolomieu.
c) ——— légère.	——	Pierre ponce ordinaire, lave vitreuse pumicée de M. Haüy.

TYPE III.

Composées de Verre massif, presque toujours mélangé de Cristaux microscopiques plus ou moins abondans.

OBSIDIENNE.

Sous-Types.

a) Obsidienne parfaite.	*Syn.*	Obsidienne, lave vitreuse uniforme, verre feld-spathique.
b) ———— smalloïde.	——	Lave vitreuse opaque ou piciforme, pechstein volcanique, perlstein.
c) ———— imparfaite.	——	Sorte nouvelle ayant un aspect mixte entre les aspects vitreux et lithoïde.

TYPE IV.

Composées de Cristaux et de Grains vitreux microscopiques non adhérens.

SPODITE.

Sous-Types.

a) Spodite cristallifère.	*Syn.*	Cendres volcaniques blanches.
b) ——— semi-vitreuse.	——	Cendres ponceuses.
c) ——— vitreuse.	——	Cendres ponceuses.

B) *ALTÉRÉES*,

B) *ALTÉRÉES:*

TYPE V.

Composées de Grains vitreux, souvent entremêlés de Cristaux; les uns et les autres microscopiques, d'un volume très-inégal, non entrelacés, en partie terreux, très-foiblement adhérens ou cimentés imperceptiblement par des substances étrangères (spodite vitreuse et semi-vitreuse altérée).

ALLOÏTE.

Sous-Types.

a) Alloïte friable. *b*) ——— consistante. *c*) ——— endurcie.	*Syn.*	Une partie des tufs blancs ou d'un blanc jaunâtre, des tufs ponceux, du prétendu tripoli volcanique, des thermantides tripoléennes; cendres ponceuses agglutinées.

TYPE VI.

Composées de Cristaux souvent entremêlés de Grains vitreux, les uns et les autres microscopiques, d'un volume très-inégal, non entrelacés, en partie terreux, très-foiblement adhérens ou cimentés imperceptiblement par des substances étrangères (spodite cristallifère altérée).

TRASSOÏTE.

Sous-Types.

a) Trassoïte friable. *b*) ——— consistante. *c*) ——— endurcie.	*Syn.*	Tufs d'un gris cendré, trass; une partie des tufs blancs ou d'un blanc jaunâtre, du prétendu tripoli volcanique, et des thermantides tripoléennes; cendres blanches agglutinées.

TYPE VII.

Composées exclusivement de Cristaux microscopiques, d'un égal volume, entrelacés, en partie terreux, admettant parfois des vacuoles plus ou moins rares, adhérens par la simple juxta-position, ou cimentés imperceptiblement par des substances étrangères (leucostine altérée).

TÉPHRINE.

Sous-Types.

a) Téphrine solide. *Syn.* Lave feld-spathique ou pétrosiliceuse dé-

composée, klingstein décomposé, hornstein volcanique décomposé, base du thonporphyre en partie.

b) Téphrine friable. *Syn.* Domite décomposée, lave feld-spathique décomposée, base du thonporphyre et du porphyre trappéen en partie.

c) ——— endurcie. —— Base des laves amygdaloïdes feld-spathiques, base du thonporphyre et du porphyre trappéen en partie.

TYPE VIII.

Composées de Verre massif ou boursoufflé, entrecoupé de gerçures très-déliées, presque toujours mélangé de Cristaux microscopiques plus ou moins abondans, en partie terreux ainsi que les Cristaux, consistant par simple juxtaposition, ou cimenté imperceptiblement par des substances étrangères (obsidienne et pumite altérées).

ASCLÉRINE.

Sous-Types.

a) Asclérine solide. *Syn.* Ponce pesante décomposée, obsidienne imparfaite décomposée.

b) ——— friable. —— Pierre ponce décomposée, obsidienne décomposée.

c) ——— endurcie. —— Pierre ponce faisant effervescence, ou pénétrée de fer hydraté.

SECTION II.

Substances pyroxéniques : *dans lesquelles les particules du Pyroxène sont prédominantes.*

A) *NON ALTÉRÉES.*

TYPE I.

Composées exclusivement de Cristaux microscopiques entrelacés, d'un égal volume, adhérens par leur simple juxtaposition, laissant entre eux des vacuoles plus ou moins rares.

BASALTE.

Sous-Types.

a) Basalte compact. *Syn.* Lave lithoïde basaltique uniforme,

lave argilo-ferrugineuse; basalte trappéen, lave compacte de M. Werner.

b) Basalte écailleux. *Syn.* Lave basaltique écailleuse de Dolomieu ; sorte dans laquelle la plupart des cristaux de feld-spath sont plats et posés dans le même sens.

c) ——— granulaire. —— Lave basaltique graveleuse de M. Faujas de Saint-Fond ; graustein de M. Werner?

TYPE II.

Composées de Verre boursoufflé, presque toujours mélangé de Cristaux microscopiques plus ou moins abondans.

SCORIE.

Sous-Types.

a) Scorie grumeleuse. *Syn.* Sorte nouvelle ayant l'aspect lithoïde, confondue avec les scories pesantes; lave poreuse de M. Werner?

b) ——— pesante. —— Lave scorifiée uniforme, scorie pesante de Dolomieu, lave poreuse de M. Werner.

c) ——— légère. —— Lave scorifiée uniforme, lapillaire, ou en masse, thermantides cimentaires de M. Haüy, scorie de M. Werner, scorie légère de Dolomieu.

TYPE III.

Composées de Verre massif, presque toujours mélangé de Cristaux microscopiques plus ou moins abondans.

GALLINACE.

Sous-Types.

a) Gallinace parfaite. *Syn.* Sorte nouvelle, obsidienne fondant en verre noir de M. de Drée, verre à base de lave fontiforme de M. Delamétherie.

b) ——— smalloïde. —— Sorte nouvelle, tantôt noire, tantôt d'un rouge sombre.

c) ——— imparfaite. —— Sorte nouvelle formant le passage au basalte compact.

TYPE IV.

Composées de Cristaux et de Grains vitreux microscopiques non adhérens.

CINÉRITE.

Sous-Types.		
a) Cinérite cristallifère.	*Syn.*	Cendres volcaniques ordinaires.
b) ——— semi-vitreuse.	——	Cendres volcaniques ordinaires.
c) ——— vitreuse.	——	Cendres volcaniques rouges, ou d'un gris noirâtre.

B) *ALTÉRÉES.*

TYPE V.

Composées de Grains vitreux, souvent entremêlés de Cristaux, les uns et les autres microscopiques, d'un volume très-inégal, non entrelacés, en partie terreux, très-foiblement adhérens, ou cimentés imperceptiblement par des substances étrangères (cinérite vitreuse et semi-vitreuse altérées).

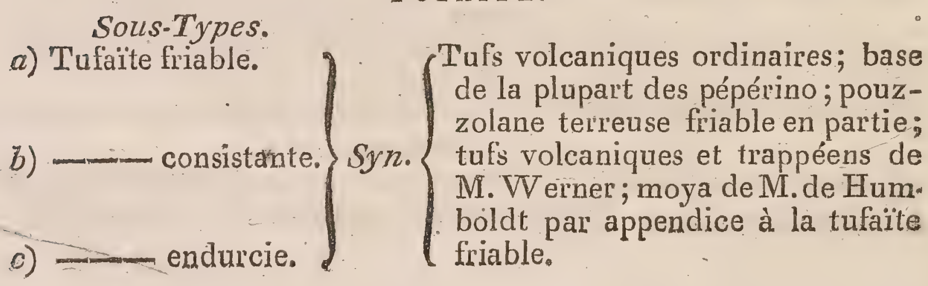
PÉPÉRITE.

Sous-Types.		
a) Pépérite friable. *b*) ——— consistante. *c*) ——— endurcie.	*Syn.*	Tufs volcaniques d'un rouge vif, d'un rouge brun, d'un brun foncé, d'un vert grisâtre très-foncé; pouzzolane terreuse friable en partie; base de quelques pépérino.

TYPE VI.

Composées de Cristaux, souvent entremêlés de Grains vitreux, les uns et les autres microscopiques, d'un volume très-inégal, non entrelacés, en partie terreux, très-foiblement adhérens, ou cimentés imperceptiblement par des substances étrangères (cinérite cristallifère altérée).

TUFAÏTE.



Sous-Types.		
a) Tufaïte friable. *b*) ——— consistante. *c*) ——— endurcie.	*Syn.*	Tufs volcaniques ordinaires; base de la plupart des pépérino; pouzzolane terreuse friable en partie; tufs volcaniques et trappéens de M. Werner; moya de M. de Humboldt par appendice à la tufaïte friable.

TYPE VII.

Composées exclusivement de Cristaux microscopiques d'un égal volume, entrelacés, en partie terreux, admettant parfois des vacuoles plus ou moins rares, adhérens par la simple juxta-position, ou cimentés imperceptiblement par des substances étrangères (basalte altéré).

WACKE.

Sous-Types.

Sous-Types		Synonymes
a) Wacke solide.	*Syn.*	Lave basaltique décomposée, wacke de M. Werner en grande partie, trapp et cornéenne amygdaloïde, argile endurcie amygdaloïde; base de l'ophite antique par appendice à la wacke endurcie.
b) ——— friable.		
c) ——— endurcie.		

TYPE VIII.

Composées de Verre massif ou boursoufflé, entrecoupé de gerçures très-déliées, presque toujours mélangé de Cristaux microscopiques plus ou moins abondans, en partie terreux ainsi que les Cristaux, consistant par simple juxta-position, ou imperceptiblement cimenté par des substances étrangères (scorie ou gallinace altérées).

POZZOLITE.

Sous-Types.

Sous-Types		Synonymes
a) Pozzolite solide.	*Syn.*	Scories décomposées, pouzzolanes lapillaires, thermantides cimentaires en partie, base des scories amygdaloïdes.
b) ——— friable.		
c) ——— endurcie.		

FIN.

TABLE DES CHAPITRES.

ERRATA.

Pag. 1,	lig. 2,	*au lieu de* SUBSTANCES VOLCANIQUES, *lisez* SUBSTANCES MINÉRALES	
3,	37,	exactement, *lisez* assez exactement	
7,	22,	mimose, *lisez* dolérite	
24,	6, 8 et 9,	mimose, *lisez* dolérite	
28,	6,	il y a tout lieu de, *lisez* il est à	
35,	40,	dans la masse, *lisez* dans la série	
38,	22,	résidoit, *lisez* réside	
77,	30,	ces traps, *lisez* ces types	
83,	20,	de M. Werner., *lisez* de M. Werner?	

De l'Imprimerie de Mme Ve COURCIER, rue du Jardinet, n° 12.